无线电

2008年 合订本 上

1955年创刊 www.radio.com.cn 国内邮发代号：2-75 国外代号：M106

定价：38元

本书附赠光盘

《无线电》编辑部 编

Protel 2004 视频教程（286 分钟）、单片机源程序、印制电路板图、资料等

ISBN 978-7-115-19276-9

9 787115 192769 >

上册 2008 年第 1 期～第 6 期

栏目 音频应用 /HAM 通信 / 测试测量 / 无线应用 / 电脑 · 单片机 / 应用电路与制作 / 家电维修 / 初学者园地

TECSUN
德生牌收音机
中国驰名商标

享受广播 - TECSUN
Enjoy broadcasting

S-2000

www.tecsun.com.cn

调频立体声/长波/中波/短波·单边带/航空波段无线电接收机

东莞市德生通用电器制造有限公司 公司与工厂地址：中国广东省东莞市东城区莞长路189号德生大楼 邮编：523071 电话：0769-23167118 传真：0769-23160700

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

欢迎订阅 2009 年

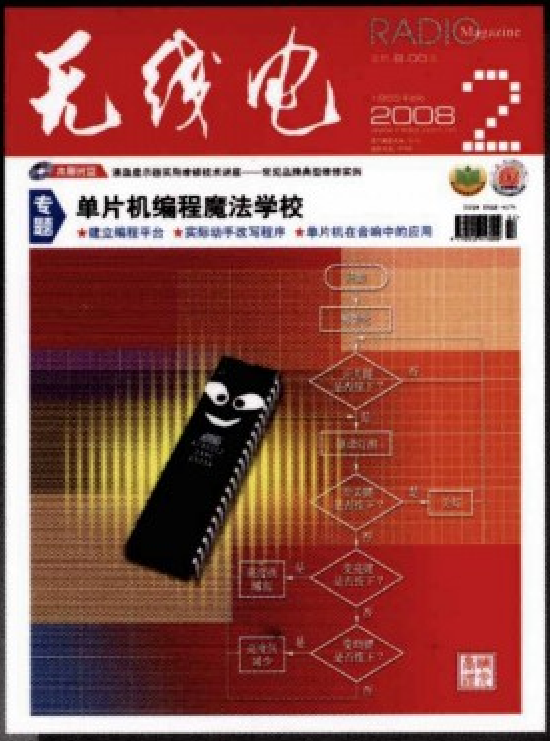
无线电

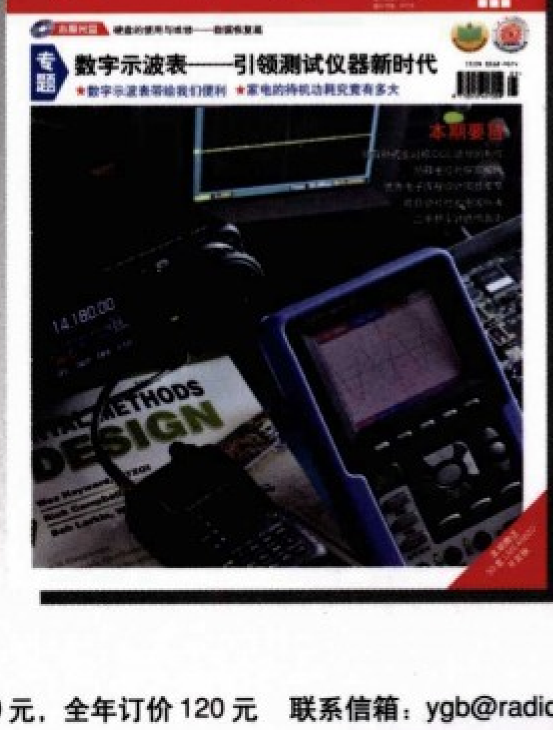
期期有故事 向读者展示不同的电子爱好实现途径和爱好者经历，激发读者的共鸣，让读者在故事中求知获益

期期有专题 让读者在杂志中体会电子爱好的趣味、实用、广泛、深入

期期有评测 让《无线电》实验室为您带来电路、器材、工具的使用心得和实测数据

期期有实作 让读者尽享单片机、新颖元器件应用及电路 DIY 的乐趣





邮发代号：2-75　各地邮局均可订阅　每本定价 10 元，全年订价 120 元　联系信箱：ygb@radio.com.cn　咨询热线：010-67134361，010-67161471

无线电合订本

2008年（上）

《无线电》编辑部　编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目（C I P）数据

《无线电》合订本. 2008年. 上 / 《无线电》编辑部
编.—北京：人民邮电出版社，2009.1
ISBN 978-7-115-19276-9

I. 无… II.无… III.无线电技术－2008－丛刊 IV.
TN014-55

中国版本图书馆CIP数据核字（2008）第186639号

内 容 提 要

《无线电》合订本2008年（上）囊括了《无线电》杂志2008年第1~6期所有栏目的全部内容，并经过了再次加工整理，按期号、栏目等重新分类编排，目录则按连载专题等重新分类，以方便读者阅读。

随书附赠的光盘内有Protel 2004 视频教程以及与文章相关的印制电路板图、电路原理图、源程序等。

本书内容信息量大，涉及电子技术广泛，文章精炼，技巧经验丰富，实用性强，适合广大电子爱好者、电子技术人员、家电维修人员阅读。

《无线电》合订本 2008 年（上）

◆ 编　　　《无线电》编辑部
责任编辑　房　桦　尹　飞　邓　晨
◆ 人民邮电出版社出版发行　　北京市崇文区夕照寺街14号
邮编　100061　　电子函件　315@ptpress.com.cn
网址　http://www.ptpress.com.cn
http://www.radio.com.cn
北京铭成印刷有限公司印刷
◆ 开本：787×1092　1/16
印张：36　　　彩插：1
字数：1152千字　　　2009年1月第1版
印数：1－8 000册　　　2009年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-19276-9/TN

定价：38.00元（附光盘）

读者服务热线：(010)67132837　印装质量热线：(010)67129223
反盗版热线：(010)67171154
广告经营许可证：京崇工商广字第0021号

无线电合订本
2008年（上）目录

● 音频应用

Hi-Fi DIY CD转盘装机日记 —— 都学宁（1）
用LME49810打造胆石功放 —— 吴红奎（5）
自制电子分频器 —— 廖国思（10）
小知识　有源滤波器 —— 薛国雄（网名“小鬼头”）（12）
用LME49810打造胆石功放（续） —— 吴红奎（13）
资　料　东芝点稳压集成电路一览 —— 汤志成（18）
自制6J8P+6V6GT单端甲类胆机 —— 汪文军　安　石（20）
新型音频大功率放大器
　驱动级集成电路LME49811/LME49830 —— 吴红奎（22）
自制电子二胡 —— 陈文启（25）

胆机制作专题

电子管特性曲线图的应用 —— 安　石（26）
优美的音质源于宽频带电压放大器
　——记一款优质胆前级的制作 —— 安　石（29）
300B单端甲类胆机的设计方案 —— 安　石（32）
如何给Hi-Fi胆机设计电源电路 —— 安　石（35）
多声道功放的设计及制作 —— 陈金瓶（38）
我制作的模块式功率放大器M2 —— 张伟梁　吴润照（44）
一款无环路反馈甲类功放的制作 —— 高学锋（47）
非互补式全对称OCL功放的制作 —— 安玉景（56）
经典准互补功放电路制作 —— 杨　帆（62）
优秀全互补功放电路剖析与制作 —— 吴根清（66）

胆机制作专题（续）

浅谈音频输出变压器的设计与制作 —— 安　石（68）
国半高性能音频IC的应用 —— 杨宇洸（72）
奥运会的广播电视如何转播与接收（上） —— 潘哲昕（76）

国半新型音频芯片应用专集

国半音频放大器新秀——LME49713和LME49600 —— 吴红奎（81）
用数模转换芯片PCM2702E制作高保真声卡 —— 姜兰举（84）
精心制作的LM4780功放 —— 夏　盛（86）
EL34单端功率放大器制作 —— 周大明（89）
211单端甲2类功率放大电路赏析 —— 安玉景（91）

● HAM通信

打造个人电子工作室

　二手仪器工具配置指南 —— 聆　听（93）
　二手示波器选购指南 —— 聆　听（122）
　二手频率计选购指南（上） —— 聆　听（158）
　二手频率计选购指南（下） —— 聆　听（162）

专　题

业余无线电——让电子爱好更精彩 —— 张　宏（BG1FPX）译（97）
什么是业余无线电 ——（98）
你的第一部电台 ——（100）
电台最重要的组件——天线 ——（103）
传播——关于电波旅行的科学 ——（107）
让你的声音出现在短波(HF)波段 ——（110）
莫尔斯电码与CW通信 ——（112）
数字通信的世界 ——（115）
弱信号和50MHz以上的世界 ——（117）
浅谈天线的种类与应用 —— 赵青云（BA3DX）（120）

专　题　业余无线电家

协会之窗

欢迎参与会刊有奖问答活动 ——（127）
倡议书 ——（128）
2008年中国无线电运动协会活动安排 ——（128）
信息产业部无线电管理局领导通过业余电台慰问灾区 ——（129）
雨雪无情，HAM有情
　——广州春运琶洲展馆
　　分场HAM应急通信行动 —— 陈国基（BG7KWM）（129）
《中华人民共和国业余电台操作证书》
　二〇〇八年统一考核实施办法 ——（130）

活动聚集

规范自律、回报社会、迎接奥运
　——记“2007年‘探路者杯’业余无线电
　应急通信演练赛” —— 郑予东（BG1HOB）（132）

器材与新技术

新机使用评测IC-91A/91AD使用报告 —— 杨　法(BD4AAF)（134）
解读D-STAR —— 黎　海（BD7PA）（138）

对讲机配件选购谈 聆　听（140）

交流提高

电台心得　梦着我的梦 施　瑜（BG4DIB）（144）

新手上路　练好你的“三板斧” 陈　方（BA4RC）（145）

QRP 成功通联的 10 个步骤 卜宪之（BD4RG）（146）

ARRL 手册翻译内容摘选

关于无线电测向 陈　平（BA1HAM）（147）

一款新型无线电多普勒测向机试用记 郑予东（BG1HOB）（148）

享受“蛙鸣”制作及与通联的乐趣 阮东升（BA6QH）（149）

电子管射频功放 DIY 王清华（BG2JJ）（152）

自制天线转向控制器 刘岳明（BG5CCK）（155）

漫画　一举两得 马长友（BG2ACA）（157）

自制巴伦盒 王清华（BG2JJ）（160）

自制 DTMF 译码数字显示器 韩军伟（BD6PL）（164）

把计算机变成你的低频信号接收机 邓小涛（165）

专　题　业余无线电家

协会之窗

各地 HAM 关注震情，积极为抗震工作做贡献（168）

2008 北京奥运会特设业余电台开台（168）

全国青少年电子制作／无线电通信竞赛辅导员培训班在连云港举办（168）

天津、四川无线电管理部门全面负责业余电台呼号指配工作（168）

2008 年全国操作证书等级考核及阅卷工作完成（169）

2008 年全国青少年无线电

通信锦标赛、电子制作锦标赛即将举行（169）

杜绝假通联卡片出现，协会总部控制手段将升级（169）

2008 年北京市业余无线电台锦标赛 李朝贵（169）

2008 年业余电台操作证书考核结果（一级、二级）（170）

我和 C9AA 的一段渊源 刘　淳（BA1BA）（171）

活动聚焦

2008“世界业余无线电日”有感 陈　平（BA1HAM）(172)

又一届中国业余无线电节 朝　晖（174）

我们听到了来自

太空的声音 郑　侃（BG4AKT）施　锋（BG4AKC）（176）

器材与新技术

器材展台 杨　法（BD4AAF）（179）

VHF/UHF 车载电台六大常备配件 杨　法（BD4AAF）（181）

漫画　火腿“心”事 马长有（BG2ACA）（182）

LT-6100Plus 使用报告 聆　听（183）

交流提高

多功能 ICOM CI-V 接口的制作 吴国光（BA7IA）（186）

400MHz 车载八木天线 余兆兰（BD8MH）（189）

美国套件 Rock-Mite 制作记 荣新华（BD6CR）（190）

演奏天籁之音的使者

——一款古老的机械半自动键 阮东升（BA6QH）（193）

建伍 TS-450S 短波机

的常见故障处理 3 例 沈颂华（BD5ENA）（195）

GP88S 手台写频的几点体会 卜凡利（BG6IVF）（197）

世界时差和传播时机速查表 孟庆彬（BA4JG）（198）

● 测试测量

HDS2062M 手持式数字存储示波表 实验室（200）

时代之选——数字示波表带给我们便利 庄　军（201）

似曾相识——认识数字示波表 庄　军（202）

一览无余——剖析数字示波表 庄　军（205）

量体裁衣——选购数字示波表 庄　军（207）

上路开车——玩转数字示波表 庄　军（210）

家电的待机功耗究竟有多大? 吴汉清（213）

用电子式电度表改制数字式功率表 吴汉清（216）

● 无线应用

无线供电的现实离我们有多远? 姜立中（219）

无线充电实验 姜立中（222）

自制无线充电器 魏　坤　王卫洁（228）

大功率无线供电 IC VOX330MPxx 古　人（230）

DIY 微型数字调谐收音机 李增茂（232）

微功率调频立体声无线转发器 魏　坤（236）

● 电脑·单片机

虚拟仪器面面观 孙红生　崔德强（239）

任意遥控你的电脑 王晓波（242）

用单片机实现传统电路功能

用单片机做 USB 接口充电器 吴汉清（247）

用单片机制作自动门控制器 黄培鑫　陈　歆（355）

用单片机制作有遥控功能的电风扇控制板 周长锁（391）

单片机控制的全频道电视接收器 刘作新（250）

用单片机驱动 128 × 64LCD 显示汉字 徐金增（252）

打造支持上千种芯片的多功能编程器 PCB4.5C 白钰君（254）

单片机编程技巧

程序开发想偷懒就偷懒 左　仪（257）

用单片机做的 8 通道无线遥控器 王　让（259）

专　题　单片机编程魔法学校

继往开来，后来居上 杜　洋（262）

扶摇直上，平步青云——建立编程平台 杜　洋（265）

五花八门，想变就变

实际动手改写程序 杜　洋（269）

翻天覆地，呼风唤雨

实际动手创建第一个程序 杜　洋（276）

全能高手，指点江山

从终点回到起点 ………… 杜　洋（282）

单片机及其在音响中的应用 ………… 杨宇全（286）

单片机在音响中应用集萃 ………… 杨宇全（288）

虚拟仪器 DIY

USB 接口虚拟逻辑分析仪 ………… 孙红生　崔德强（300）

USB 接口频率计 ………… 孙红生　崔德强（315）

USB 接口电感电容表 ………… 孙红生（337）

用单片机做的多功能 LED 彩灯控制器 ………… 王国俊（321）

单片机简易温度计 ………… 赵　亮（305）

功能完善的新颖智能水位控制器 ………… 戴中清（308）

用 LCD1602 液晶模块显示小人踢足球的画面 ………… 李海秋（311）

淘宝攻略

妙用淘宝买元件 ………… 杨跃泉　顾晓聪（313）

开店 8 分钟 ………… 杜　洋（333）

快门瞬间，美丽呈现！ ………… 杜　洋（359）

五花八门流水灯

让流水灯显示汉字 ………… 卫小鲁（302）

用 51 单片机制作 LED 旋转屏 ………… 周正华（318）

用流水灯显示莫尔斯码时长 ………… 周正华（372）

纯手工打造摇臂 LED 时钟 ………… 周正华（382）

流水灯显示汉字的改进 ………… 卫小鲁（385）

单片机编程工具 DIY

一起来制作 PIC 单片机简易调试器——EZ-ICD2 ………… 唐永红（323）

用 M8L 制作的 89S51 单片机 USB 下载线八问八答 ………… 王晓波（388）

用单片机做的听力考试专用 FM 接收器 ………… 杨利宏（326）

单片机节能电源插座 ………… 吴汉清（329）

优秀电子课程设计项目集萃

单片机多路抢答器 ………… 张建平（331）

产品产量计数器 ………… 张建平　朱伟娜（362）

电源电路的制作与调试 ………… 张建平　朱伟娜（364）

单片机电子琴 ………… 张建平　朱伟娜（365）

智能交通灯控制器 ………… 张建平　朱伟娜（367）

汽车尾灯控制器 ………… 张建平　朱伟娜（369）

基于 Multisim 的四人表决电路设计 ………… 张　政（336）

常用无线收发模块应用与选型 ………… 张建平（339）

数字钟的自动校时 ………… 林芝松（342）

用 AT89C51 做步进电机运行自动化控制器 ………… 周琳凯（346）

风向、风速传感器与计算机的通信方法 ………… 张延年（351）

利用最少的连线操作 LCD1602 液晶屏 ………… 张志斌（371）

能自动校时的电波钟表 ………… 林芝松（373）

单片机外围电路

常用 USB 转串口芯片介绍 ………… 刘　亮（376）

印制电路板 CAD

把你的创意放大——批量加工电路板知识杂谈 ………… 黄培根（378）

印制电路板常用术语中英对照 ………… 资料室（381）

基于 AT89C51 的摩托车防盗报警器 ………… 李和平（393）

●应用电路与制作

实用电路模块应用

TWH968A 一体化振动报警模块 ………… 陈有卿（395）

SC 系列震动传感模块的应用 ………… 陈有卿（408）

反射型红外线感应模块 ………… 陈有卿（418）

对射型红外线感应模块 ………… 陈有卿（429）

热释电红外探测模块 ………… 陈有卿（443）

如何增加红外线遥控作用距离 ………… 苏　江（397）

花 1 元钱打造一个 LED 灯恒流源 ………… 李发嘉（399）

新品速递

四种新型运算放大器 ………… 吴红奎（401）

新型无线收发集成电路 ………… 吴红奎（412）

新型 LED 电源管理集成电路 ………… 吴红奎（423）

高亮度 LED 专用电源控制芯片 ………… 吴红奎（435）

锂离子电池充电管理集成电路 ………… 吴　玥（450）

自制单极无线遥控开关 ………… 梁　政（404）

隔墙遥控无障碍——红外线遥控转发器的制作 ………… 苏　江（407）

为电动车车灯加装光控节电电路 ………… 李亚兵（410）

《花 1 元钱打造一个 LED 灯恒流源》问答篇 ………… 李发嘉（411）

高效大功率单电池升压器 ………… 王红星（415）

常用 LED 驱动电路 ………… 杨清德（416）

如何用相片塑封机实现 PCB 电路图的热转印 ………… 朱秋龙（421）

节电型触摸遥控开关 ………… 彭佩烘（426）

变频式超声波驱鼠器 ………… 俞　虹（428）

用 ICL7129 制作 4 位半多用表 ………… 罗　文　罗清华（431）

自制高亮度、低功耗 LED 观片器 ………… 孙志甫（437）

AC-DC 高亮度 LED 灯电源 DIY 常用方法 ………… 吴　玥（439）

自制高频正弦信号发生器 ………… 孙　俊（441）

自己动手做个手机万能充电器 ………… 冉小平（446）

锂电池保护电路板场效应管的新颖应用 ………… 史建平（448）

1.5V～30V/3A 可调开关电源的制作 ………… 赵　洪（452）

如何遥控语音录放电路——语音录放电路＋无线收发模块 ………… 苏　林　罗良庆　魏武星（454）

如何检测电池内阻 ………… 焦明德（456）

自制简易实验用电源模块 ………… 柯惠善（458）

●家电与维修

电脑主板维修讲座

主板接口电路的维修 ………… 赵理科（459）

主板常见故障的维修方法 ………… 赵理科（472）

通过主板诊断卡快速判断主板故障 ………… 赵理科（480）

滤波电容变质引发电脑启动困难 ——— 程明喈（464）

彩电逃台故障检修 ——— 王绍华（465）

从三例无光栅故障中您学到了什么？ ——— 张庆辉 胡献满（467）

维修论坛

旧彩电最容易产生的脱焊故障 ——— “家电维修”版主（468）

扩音机屡烧保险管难症的检修 ——— 梁明义（469）

资　料

新型伴音功放集成电路 LA42 × × × 系列一览 ——— 王申南（470）

看《去除电脑风扇噪声的有效方法》一文后的实际制作和改进 ——— 贾学忠（475）

从彩电与彩显的异同看彩显视放电路的检修 ——— 苏志华（476）

快修彩电三例 ——— 万举刚（477）

格兰仕电磁炉不加热故障的检修 ——— 杨舟成 居炳国（478）

前面板开关不良造成电脑不启动 ——— 陈文启（483）

手机与电脑怎样才能连接成功？ ——— 王德沅（484）

行管也能时好时坏 ——— 曲　静（485）

彩电无彩色故障的检修思路 ——— 王绍华（486）

48V 电动车充电器原理与维修 ——— 赵理科（492）

有彩色画质差的检修 ——— 张建忠（494）

方正显示器聚焦失调的检修 ——— 叶兆利（495）

维修小贴士　导热脂变硬怎么办？ ——— 梁会权（495）

数码相机闪存卡仓的常见故障排除 ——— 龙海升（496）

数码相机的显示存储卡为何被锁定 ——— 潘邦文（498）

彩电无彩色故障的检修实例 ——— 王玉龙（499）

富士 S9500 数码相机不能插卡的修理 ——— 张国武（500）

笔记本电脑液晶显示屏背光灯驱动电路的维修要点 ——— 赵理科（501）

计算机主板上电容失效引发的故障 ——— 刘　宏（503）

电视机行幅偏大的检修 ——— 张庆辉 胡献满（504）

不要忽视行输出管脚上的磁环 ——— 刘爱芬（504）

超级单芯片彩电接收不到任何信号的检修 ——— 曲　静（505）

维修技巧一点通

巧修显像管 ——— 张兰家 贾　凡（505）

佳能 S 系列数码相机闪光灯不弹出的检修 ——— 潘邦文（506）

巧妙修好 U 盘上的硬件故障 ——— 周顺生（507）

新型氧吧台灯维修 3 例 ——— 王德沅（508）

用换芯的方法修复锂电池 ——— 潘邦文（510）

电容虚焊引发的跑台故障 ——— 曲　静（511）

彩显无色特殊故障排除记 ——— 刘爱芬（511）

电容器开路引发的水平亮线故障 ——— 韩军春（512）

创维数码彩电枕形失真的检修 ——— 王兴爱（512）

问与答 ——— （513）

● 初学者园地

解读元器件封装

元器件封装的基本概念与分类 ——— 门　宏（519）

识别半导体分立器件的封装形式（上） ——— 门　宏（529）

识别半导体分立器件的封装形式（下） ——— 门　宏（535）

认识集成电路的封装（上） ——— 门　宏（553）

学·做·用

电子玩具——“斗蟋蟀” ——— 张晓东（521）

会说话的贺卡 ——— 张晓东（531）

小小多用报警卡 ——— 张晓东（540）

趣味太阳能风扇凉帽 ——— 张晓东（551）

怎样加大无线话筒发送距离 ——— 莫　恩（526）

制作美观省电的键盘灯 ——— 潘邦文（528）

晶体三极管在小电容测量中的妙用 ——— 魏秉国（537）

江苏省第七届中小学电子技术竞赛项目两例 ——— 张元庆（538）

在实验板上如何用贴片元件进行制作 ——— 任　杰（539）

数字万用表使用的几个特殊问题 ——— 万志强（543）

怎样制作声控开关 ——— 莫　恩（544）

谈谈简易调频无线话筒的制作细节 ——— 杜灿鸿（547）

热转印法制作电路板实战演练 ——— 丁　平 马晓明（549）

● 回首五十年

一个电子管的诞生 ——— 冯崇勋（556）

单管收音机－1 ——— 冯报本（668）

回忆红军电台 ——— 黎东汉（561）

● 消息·书讯·市场与活动

欢迎参加第七届音响制作比赛 ——— 编辑部（80）

江苏省第七届青少年电子技师应用电子技术暨

欢迎参加“有声有色模拟技术应用设计大赛” ——— 本刊记者（396）

“迎奥运火炬接力”主题创意机器人比赛成功举行 ——— 本刊记者（524）

编读往来 ——— （562）

业 界 动 态

“2008 年福禄克新春研讨会暨新品发布会”成功举办 ——— 本刊记者（563）

欢迎参加第六届中国国际汽车用品展览会 ——— 本刊讯（563）

市 场 与 活 动

恒定电流／恒定电压的单节锂离子电池充电器——HYM4054 ——— （564）

10W 立体声 D 类音频功率放大器——PAM8610 ——— Jason Wang（564）

先进的无滤波 D 类立体声音频放大器 PAM8610 ——— 王丰硕（565）

美国福禄克公司在第 71 届春季电子展现场报道 ——— （568）

单片机学习好伴侣——H05 51 微型仿真器 ——— （568）

标志表示配书光盘中有与该文章相关的内容

编者按： 对于《无线电》的大多数读者，这篇文章显得有些过于初级，组装这样一个设计完善、完全免去调试环节的套件转盘没有任何难度。不过基于良好的架构，其潜在改进升级的空间很大，这可是个不小的挑战。若与购买成品机回来打摩相比，空白的PCB板可能更容易上手。

对于初入门者，DIY这种类型的套件乃是培养兴趣、树立信心的最好开始。只要具备中学物理水平的电路常识和一些必要的工具，任何人都能从中享受到DIY的乐趣。在这样的成功经验引导下，无线电爱好者的队伍会越来越大，音响发烧友们可以用有限的资金玩出更多乐趣。

Hi-Fi DIY CD转盘装机日记

文/都学宁

引 子

不知不觉，我的老CD在家中服役已经进人第10个年头了。这台马兰士CD52 MKII乃是一款经典的入门名机，1bit解码，秉承了马兰士一贯的中庸风格，单论声音表现并不比现在三五千元的机型逊色，倒也不至于拖累整体表现。无奈年事已高，近来开始故障频出。先是盘片进出仓失控，拆开发现，齿轮已经老化到手指稍用力便碎成粉末的程度(这也是所有使用飞利浦CDM-4型机的通病)。不久，激光头也罢工了。好在手头还有一台同样使用CDM-4的飞利浦AK640，年头更长，读碟不顺但尚能工作。于是合二为一，经过激光头电流的调整，居然马兰士又焕发出了第二春。尽管如此，我还是不得不将音源的升级计划纳人日程，毕竟这两台老机器都是10年以上的高龄，时时刻刻都有罢工的可能。

音源的选择是件困难的事，与10年前不同，现今Hi-Fi器材的定价已经高了不止一个台阶，即使人门级的播放机也动辄要价数千元。若希望在原有水准上更上一层楼，怕是要花费过万了，这与本人平价发烧的理念颇难协调。另一种方案是采用转盘加解码器的组合，若搭配良好，会比一体式的CD机更胜一筹。成品的解码器选择多多，而价位适中的转盘却难以寻觅，计划因此延宕了许久。当开发的这套Hi-Fi DIY转盘套件摆在面前时，我意识到困惑许久的问题终于有了答案，便毫不犹豫将其纳人囊中。

8月29日

转盘的所有组件井然有序地排列在纸箱中，附有一张简单的元器件清单与说明。详细的装机报告需要到www.hifidiy.net网站上检索(有专门的装机说明栏目)，尽管稍嫌不便，但可以理解。相关文档的篇幅不小，其中有大量彩色图片，如果以印刷品形式提供，成本的提高不可避免。何况该套件本来就是在网上发售的，到网上下载相关资料对于用户应该不是难事。而且网站上还有不少先行者记叙的装机过程与心得，相当值得参考借鉴。

清点了所有组件之后不免有些手痒，等不及上网下载资料，我决定先从最容易人手的部分做起：组装机箱。装配机箱如同搭积木一样简单，由于套件的机箱设计完善，各部分很容易找到自己的位置，几乎没有出错的可能。在安装的过程中，可以感觉到机箱的加工精度很高，螺孔、螺扣对位准确，无需用蛮力便可以轻松到位。

将左右侧板、背板、面板依序与底板连接，装上4只脚垫，机箱的组装工作就告一段落了，顶板与滑盖要在其他组件就位之后安装。该铝制机箱全部使用内六角螺丝固定，操作中需要留意的有两点：螺钉可先用手旋人，全部就位之后再用扳手逐一拧到位(此时不要用力上紧，待转盘组件全部安装完毕，顶盖螺丝也同样就位之后统一进行最后的紧固)。再就是工具的选择，市场上常见的那种几元钱一套的L形内六角扳手硬度和精度均不高，使用中容易滑脱变形，

Hi-Fi DIY转盘套件全家福。虽然元器件繁多，但已按组分别打包，装配的时候无需费力搜寻

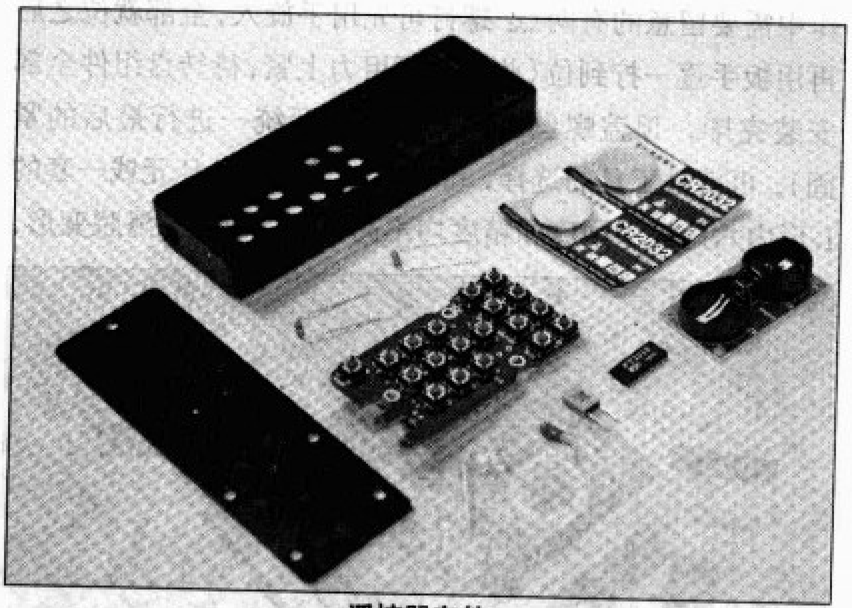
而内六角螺丝的螺帽一旦拧花，会给拆卸造成很大麻烦，建议为此准备一套优质的内六角扳手（该机箱的螺钉规格统一，如果觉得购买成套工具浪费，只购M3规格的也可以）。

花费时间：40分钟

8月30日

本着从易到难的原则，接下来装配遥控器。手机大小的遥控器使用16mm厚的整块铝材，CNC数控加工，用豪华重料来形容不为过。双面镀金电路板做工精细，元器件的配备也很精良。我们的工作就是按照PCB的标示将轻触开关与各元器件安装就位，当然电烙铁是必备的工具。这部分最大的难度在于一个28脚贴片IC的焊接，尤其是对于没有类似元器件焊接经验的人，在焊接IC之前，需要按照装机说明指示的，先焊接IC背面的四只轻触开关（焊接前用斜口钳将脚剪平，焊点也要用工具处理得与PCB平齐，否则凸起的焊点会影响贴片IC就位）。根据我的实践，剪脚工作在插入PCB之前进行比较好。

焊接贴片IC有两个方法：如果使用普通的扁头内热式电烙铁，可以在IC放准位置后用足够的焊锡堆满元器件脚与PCB焊盘，然后利用粘有松香的裸铜线将IC脚间的多余焊锡清除，这也是最常规的做法。若使用尖头的焊枪（通常与可调温的焊台搭配），逐点焊接。由于焊点极细小，这样做需要操作者有很好的眼神（本人眼睛近视，摘掉眼镜之后恰似一只微距镜头，可以有效缩短最近对焦距离，非常便于细微的操作）。不管用哪种方法，在焊接完成后最好用放大镜检查一下焊点，以保证没有虚焊和短路。



遥控器套件

装配好的遥控器，全金属外壳与按键的质感极佳

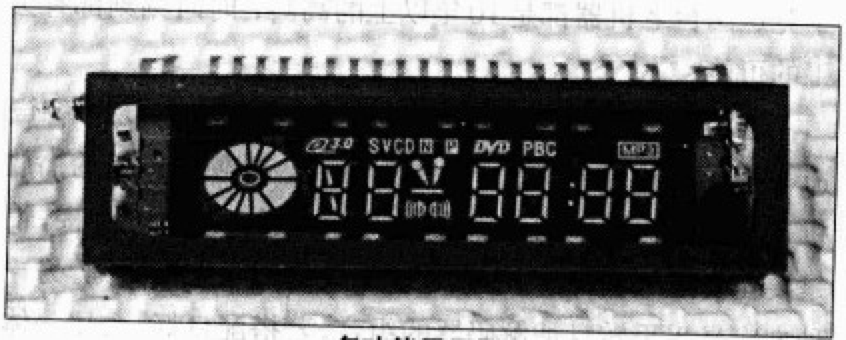
IC之后焊接其余元器件及开关。所有开关一定要紧贴电路板安装，以免按键失灵。最后的工作是用2根细导线将安装纽扣电池的电源板与主电路板连接（PCB上有正负标识），同时为防止短路，可用绝缘胶纸隔开电源板焊点与金属背板，至此遥控器组装完毕。检测遥控器是否正常工作的方法是把万用表打到电压挡，将表笔接LED发射管两端，在按键按动的时候，万用表的数字应当有变化。还有一个更简便的方法，如果你手上有飞利浦或者马兰士品牌的CD机，用装好的遥控器操作一下即可。比如我那台CD52，便与这个遥控器几乎全面兼容（仅暂停健的定义不同）。

花费时间：1小时

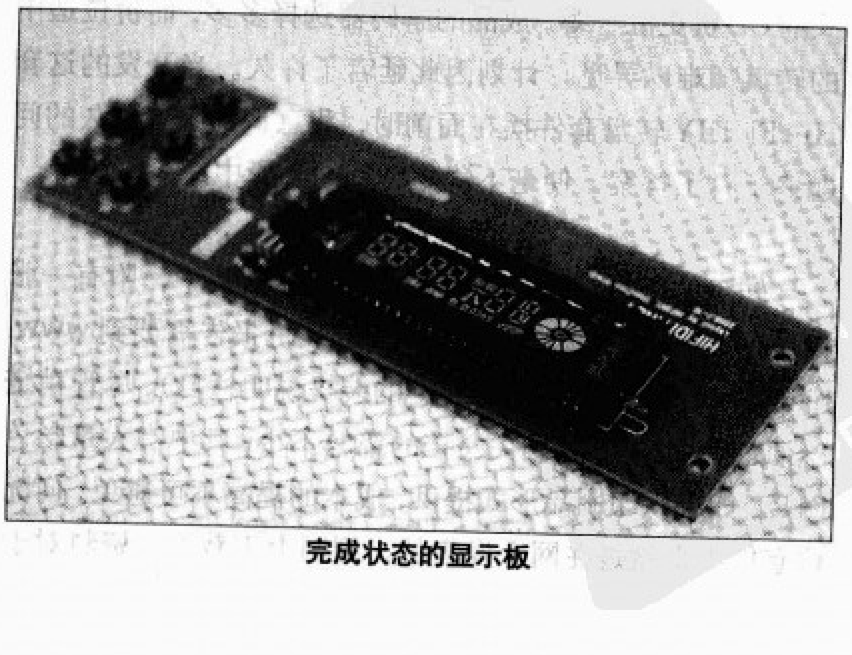
8月31日

接下来是挡板和显示板。挡板是本套件中最简单的部分，但作用不小：一是防止碟片飞入机器内部，二是挡板的蓝色LED会在推盖打开的时候点亮，即使光线很暗的环境也能方便地更换碟片。这里要注意：LED的极性不要装反（上方孔位为正，左右均如此）LED的长脚为正；还有就是接插件的插座要装在电路板的铜箔面（我开始就装到正面去了，结果不得不拆下重焊）。最后将随机带的饮料管截取适当长度套在两个LED中间，以获得带状的光效。

显示板的难度同样集中在贴片IC上，这里的PT6312LQ四边共有44个引脚，难度更大。方法如前但更要注意位置的准确，稍有偏差就很可能会面临焊盘与IC脚错位的窘境。千万不要搞错IC的方向，IC上有凹点标注的



多功能显示屏


完成状态的显示板

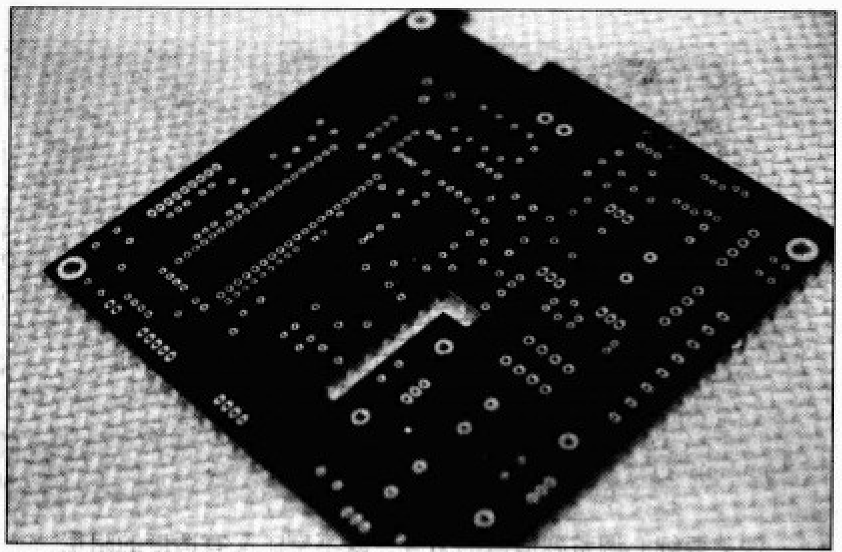
角要与PCB上的圆圈标识对准，可以使用透明胶带先将IC固定再焊接。还要注意的就是红色LED下方需要焊一条跳线，这在电路板上没有标示，不要忽略。

花费时间：约2小时（一边查看电脑上的装机说明一边焊接，虽然多花了一些时间，却有效保证了准确度与成功率）

9月2日

周末正好家里没人，时间充裕，可以大展拳脚了。套件的装配工作已经过半，清点一下，只剩电源输出板的焊接、激光头和伺服板的连接，之后就可以装箱调试了。眼看成功在望更要强调一点，DIY应力求准确，不贪速度，安全第一。在我以前的DIY经历中，曾有多次忙中出错导致元器件报废甚至肢体受伤的惨痛经历，一味贪图进度实不可取。

电源输出板是该套件中元器件最多的一块板，不过PCB的标识非常清楚，因此只要细心再细心，基本没有失败的可能。首先要做的还是焊IC，虽然这里有2块，但引脚数比之前那2块少了很多，有了之前的经验，自然驾轻就熟。然后按照元器件的个头，从小到大逐步递进（所有磁珠先不要装，待电压测量无误，最后再装上）。注意，C128



加工精湛的PCB，这块是电源输出板。中间的L型凹槽是设计工程师为了使晶体工作更稳定,特别在功率元器件和晶体间做的隔离，可以尽量降低功率元器件的热量对晶体的影响

量度电压无误后，即可将电源输出板装进机箱。该机提供光纤、同轴与平衡3种数字输出形式

与R124这两处不要安装元器件。另外，如果不打算采用平衡式的数字输出，C141也不必装。同轴输出端子可以用带屏蔽的信号线与电路板连接。需要留意的是，板上有13个0.1μF和9个0.01μF的电容，数量繁多而且个头颜色都一样，千万小心不要装错，否则查起来都难（电容焊好后正好把下面PCB印的数值挡上）。另有2个稳压二极管极易混淆：一个是1N4148，另一个是5.1V稳压管。搞错的话后果严重，切记！

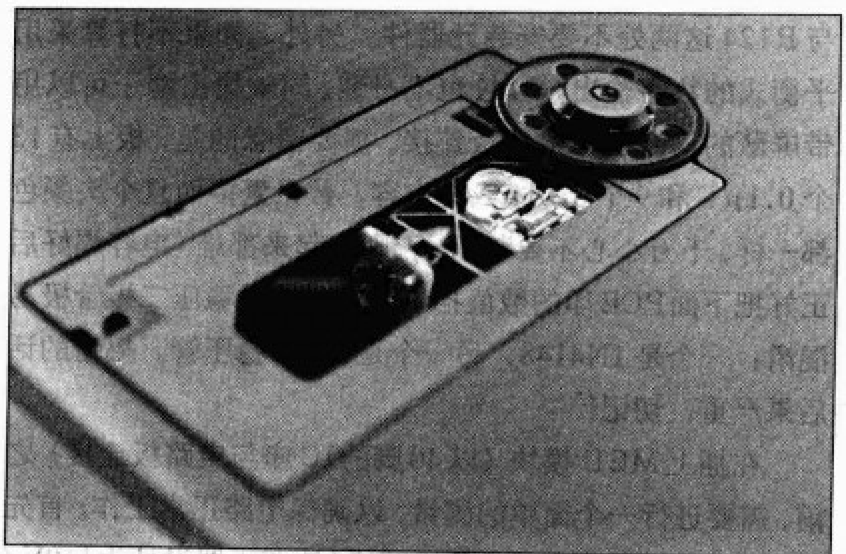
在插上MCU模块（以40脚的IC座与电路板连接）之前，需要进行一个简单的测量，以确保电路正常工作。首先将套件变压器中的红白2条线短接（该变压器设计为110V/220V两用），做好绝缘处理，然后将初级的棕色线连接到电源开关的一个触点，开关另一触点以导线（需自备）连接至电源输入插座的火线。再把变压器初级的黑色线和黄绿线分别与电源输入插座的零线、地线连接。变压器次级共有8条引线，分别为灰色、蓝色、绿色、黄色（各2条），量度电压无误（灰：交流9V；蓝：交流9V；绿：交流20V；黄：交流3.3V）后，依序连接至电源输出板的电源输入座。测量J100接口的电压（应为两个5V），7个磁珠位置两端的电压（亦为5V）。一切无误，说明该电源输出板组装正确。最后将7个磁珠装上即可。至此，所有工作已经完成过半。

花费时间：约2.5小时

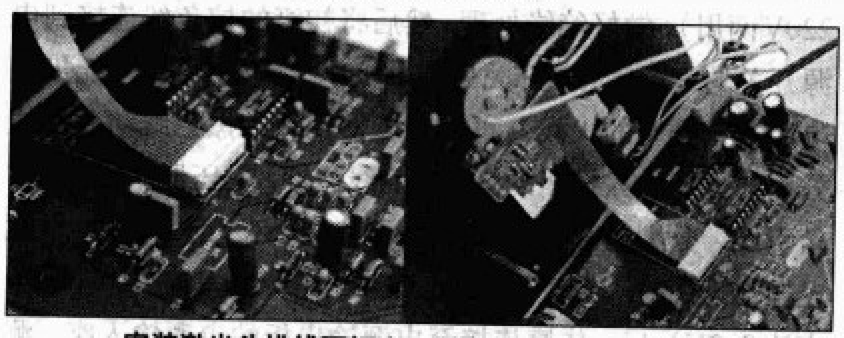
9月3日

剩下的就是装配激光头与伺服控制系统，控制电路板是调试好的成品。首先将飞利浦CDM12激光头用4枚螺钉固定在厚重扎实的全铝托板上，并参照网站的图片，依正确的线序将激光头上3个电机的6根连线焊好（这里要把排线分离成单根，否则会造成干扰），将激光头排线插入伺服控制板的插座。然后用最长的4根铜柱将控制板与托板连接

全新原装飞利浦VAM1202激光头特写

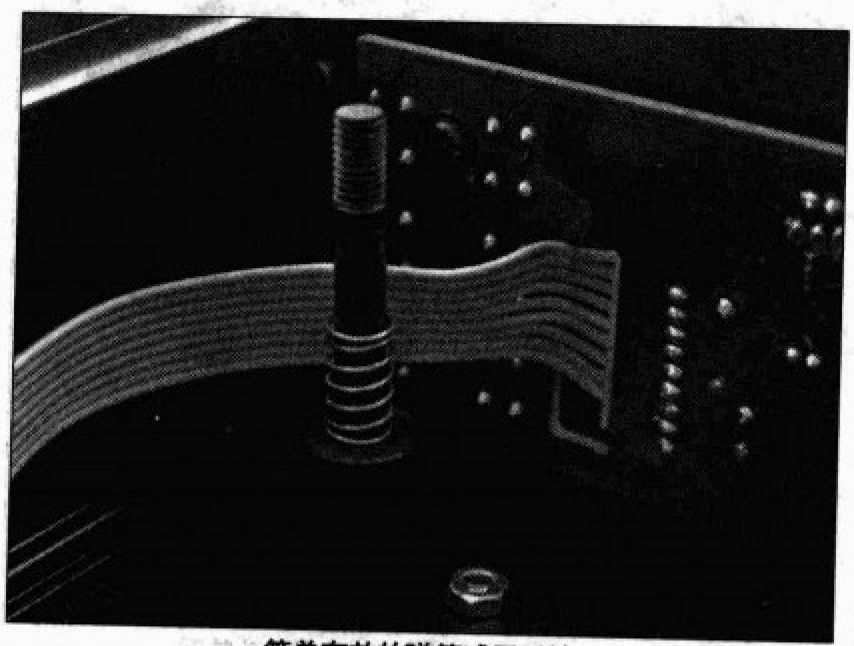


高精度的激光头托板

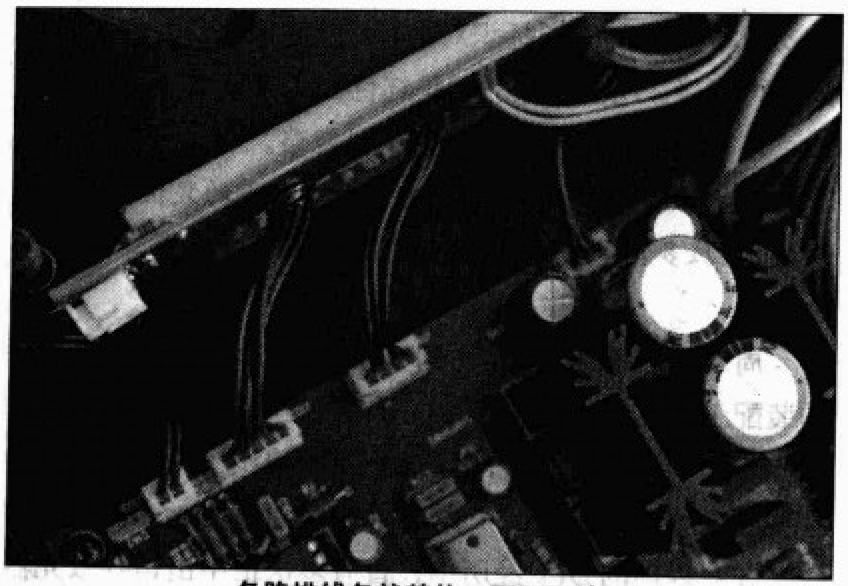


安装激光头排线要细心，避免用力撕扯以致断裂

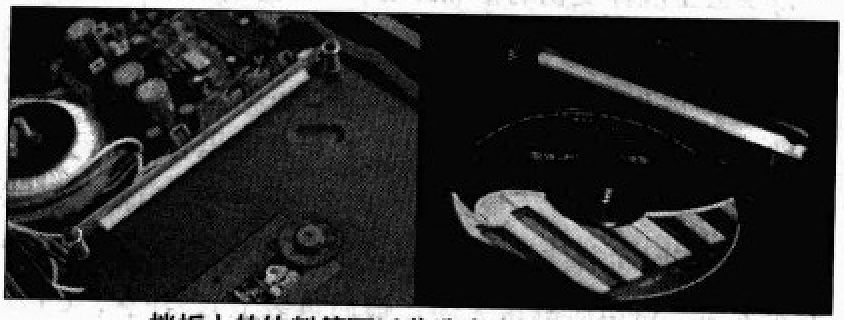
如果安装控制板的铜柱不加垫圈，图正中的电容很容易压在激光头上导致无法移动



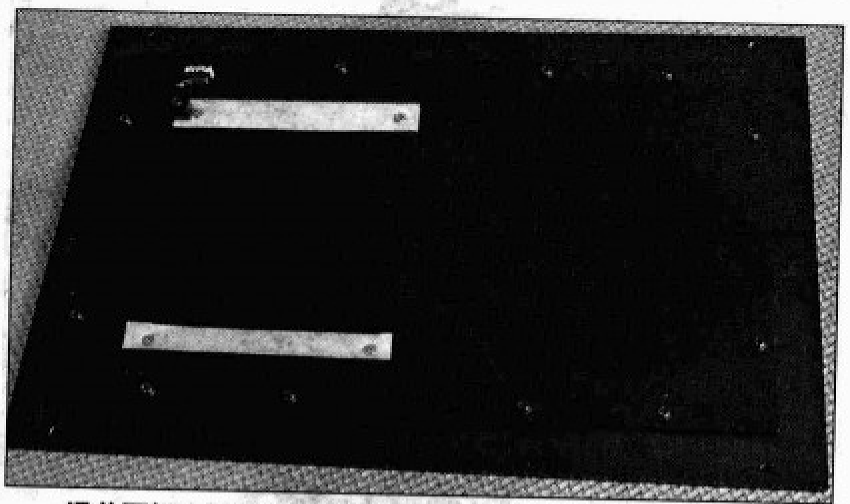
简单有效的弹簧减震系统



各路排线各就其位，互不干涉



挡板上的饮料管可以营造出奇妙的发光效果



滑盖要细心调整到适当的力度，既不空旷又有适度的阻尼

磁性的碟压可以保证碟片的运转平稳流畅

用LME49810打造胆石功放

文/吴红奎

分离元件放大器是终极音频功放的首选，在烧友眼中的名机也莫过如此。虽然分离元件放大器的调校过程包含艰辛，但也充满快乐，“焊机派”也因此感觉到“大师的风范”。要进入音响的神奇世界，从焊机入手看似困难却也是一条捷径，因为知其然，又知其所以然，评价器材才能做到言之有据，不轻妄言。从全集成电路到集成、分立混合，再到全分立是一条从易到难的循序渐进之路，这个让人窒息的挫折感过程是不能减少的。就元器件的种类而言，笔者认为从电子管入门反而会更容易，其原因是电子管非常“皮实”而不容易损坏，电路简单而且容易“出彩”，缺点是实践的成本高一些，且实用性差一点，其原因是其寿命短而效率低，除了铁杆发烧友，目前很少有人拿胆（电子管）机作为主流的听音设备。其实电子管用在前级的效率并不太低，考究的晶体管前级通常需要很复杂的电源供应电路，诸如洼田式稳压、并联式稳压，成本和效率的优势并不大，当然，寿命的缺陷仍然是电子管永远的痛。

LME49810是美国国家半导体公司（以下简称NSC）单通道功率运算放大器，用于音频放大器末级推动，它的双通道版本LM4702的推出要早一些。两者相比，LME49810的最大亮点是具有“Baker Clamp（软削波、有源钳位）”功能，这是改善听感的“杀手锏”。“Baker Clamp”电路能有效改善因瞬时输入信号幅度过大造成输出端的“硬”过载。从测试信号的波形来看，输入的正弦波信号在输出端将被削去峰顶。这在实际听感中，重则“阻塞”，轻则“无力晦涩”，“软削波”电路则是让削去的峰顶变得圆滑，听感上则表现得相对柔和耐听，电子管好听，与其过载能力强有很大的关系，从这个角度看，LME49810应该有点“胆机”的声音表现。

胆石（集成电路）之争由来已久，不过，电子管能够有效改善数字音源的“数码声”的观点正逐渐被烧友以及业内专业人士认可，成为大家的共识。相对需要笨重输出变压器、校声又比较复杂的胆后级而言，线路简单的胆前级则备受发烧友推崇，于是就有了将胆前级与以LME49810为核心组成的输出级进行“珠联璧合”的想法，本着以简洁至上

（配套的4根铜柱长度稍嫌不够，直接安装的话伺服板上的元器件可能会妨碍到激光头的运动，因此需要在铜柱上下各加一个M3的垫圈）。

在原设计中，整个激光头组件的托板采用的弹簧支撑减震，这里颇有改进的空间，比如增加避振胶圈，更改弹簧硬度等。在网站上甚至有将其改造为磁悬浮结构的实例，花钱不多，玩法不少，可以充分发挥DIYER的才智。

收尾的工作就是将各组件之间的连线正确连接。因为都是接插件，想出错都不容易。检查无误后，把滑盖和机顶盖装好，将所有螺丝紧固一遍，全部工作便宣告完成，接电源就可以工作了。

花费时间：约3小时

总计不到10个小时，一台发烧级的CD转盘便诞生在自己手中，与到Hi-Fi店中一掷千金相比，感觉截然不同。对于该转盘的声音评价，我想也许放到另一篇文章介绍更为适合。毕竟飞利浦CDM12转盘在CD播放机中广泛应用了许多年，成功机型数不胜数，声音评价早有定论，本文就略过不表了。用较少的代价获得高级别的音质、获得自己动手

工作中的转盘

的乐趣，以及在这个过程中产生的参与感和控制感，都使得DIY爱好者们乐此不疲。随着社会的发展，多种加工与元器件的采购渠道资源是可以通过网络得以整合，结果就是无线电爱好者的DIY范围将更广，入门门槛将更低，成品水准将会更高。如果您看过这篇简单的文字后产生尝试的愿望，也加入到DIY的行列中，那将是对笔者最大的鼓励。

的原则，以体验过程为目的，不求输出功率的大小，打造一款胆石功放。

一、电子管校声电路

不同型号的电子管，或同一管子在不同的电路状态和电路形式中，声音表现差别会很大，并不说孰高孰低，而是音色不同，所谓众口难调，电子管的这种特性正好符合大众口味，只要你愿意，换管、校声，总有一款适合你。有一种观点认为国外的管子声音好些，其实真正的原因恐怕是与你在校声方面下的功夫多寡有很大的关系。国外有很多资深的设计公司，针对某些型号的管子下足了功夫，而国产的管子则很难有此机遇。从实际情况来看，国产管子价廉易得，取材容易。本着体验实际过程为目的，国产管还是应该优先选用。表1是一些常见的用于小信号放大的国产电子管的型号与特性参数表，除了6J1是小七脚的锐截止五极管外，其他的都是小九脚的双三极管；表2所示的是国产管对应可代用的国外管型号。

在这些电子管中，6N3被最后选中，其原因有四：一是它的市场存量相对比较大，价格低廉；二是它原本是用于高频放大，高频特性好，声音表现上有中频圆润、高低频均衡的特点；三是它的灯丝与阴极间的绝缘比较厚，有利于降低噪声感应，尤其是灯丝采用交流供电时更为有利；四是它的阳极适合低电压供电，低至60V左右时仍然能够正常工作，这有利于和LME49810的供电兼容，减少电源的复杂程度。

6N3对应的进口型号有：GE5670（美国产）、WE396A（西电，美国或欧洲产）、2C51（美国或欧洲产）、6H3 П（前苏联产）、6H3N（前苏联产）等，它们之间只是高度上有一些差别，国产管的高度高一些，可以直接代换。如果有可能，外围电路的参数最好还是微调一下。另外，6N3的灯丝供电是1脚和9脚，与常见的电子管采用4脚、5脚供电不同，设计电路或者用不明型号代换时需要注意，6N3的管脚图参见图1。

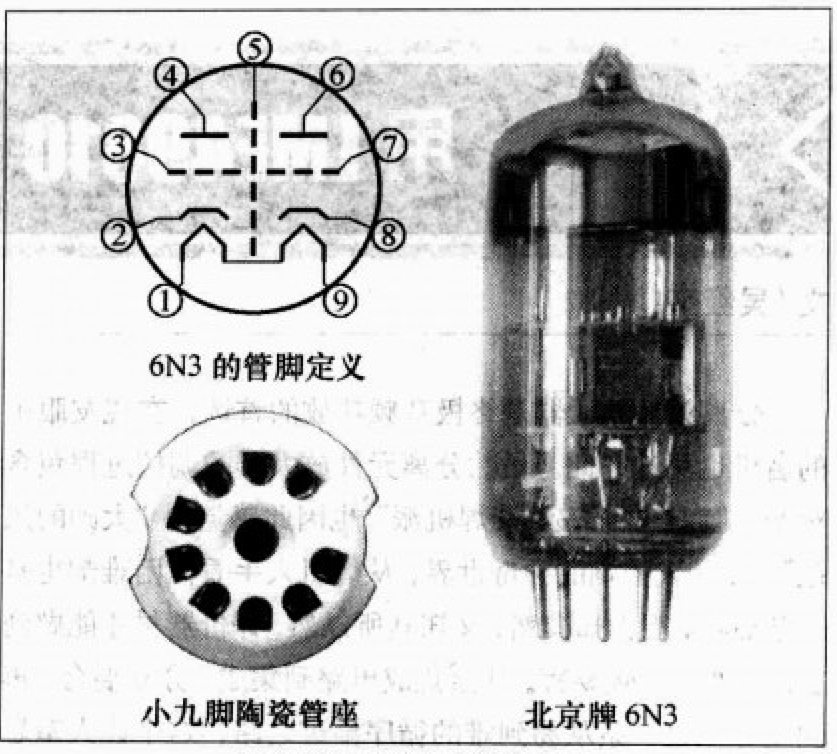


图1 6N3实物和它的管脚图

表1 用于小信号放大的旁热式阴极国产电子管的型号与特性

型号	6N2	6N3	6N8P	6N10	6N11	6J1
U_f (V)	6.3	6.3	6.3	6.3/12.6	6.3	6.3
I_f (mA)	340	350	600	325/162	340	170
U_a (V)	250	150	250	250	90	120
I_a (mA)	2.3	8.5	9.0	10.5	16	7.35
U_{fk} (V)	± 100	± 100	± 100	± 100	± 150	—
μ	97	35	20	17	27	35
Cin (pF)	2.15	2.6	3	1.6	3.4	—
G (mA/V)	2.1	6	2.6	2.2	12.6	5.15
Uau (V)	−2.5	−3	−12	−14	−5.5	−4
Ugo (V)	−1.5	−4	−10	−10	−4	−2

U_f：（交流）灯丝电压，I_f：（每管）灯丝（交流）电流，
U_{fk}：灯丝与阴极间最大（直流）电压，
Ua：推荐屏压（阳极电压），Ia：推荐阳极电流，
μ：放大系数，Cin：输入电容，G：跨导，
Uau：最大输入范围，Ugo：不失真输入范围。

表2 常见电子管的代换

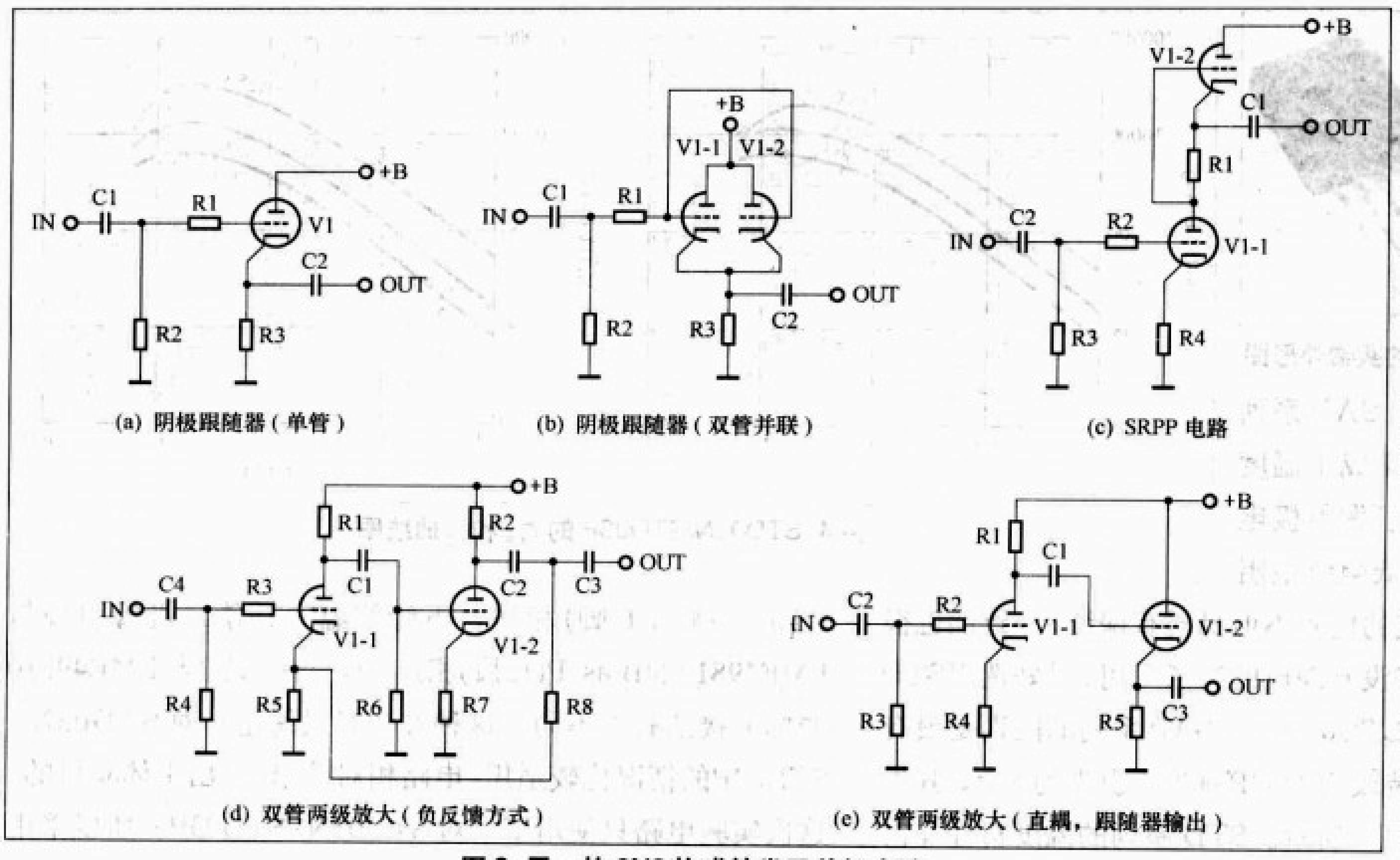
国产型号	可代换国外型号
6N2	12AX7、6681、ECC83、ECC803、E83CC、5751、7025
6N3	GE5670、WE396A、6H3 II、6H3N
6N8P	6SN7、6H8C、6J5
6N10	12AU7、ECC82、ECC802、E82CC、5814、5963、6189、6680、7730
6N11	6DJ8、7308、6922、ECC88、ECC808、E88CC、CV2492
6J1	6AK5、5654、6BC5

好电路是出好声的基础，经典电路容易装配成功，最著名的要数Marantz7（马兰士）了，仿制者如云，有单枪匹马的发烧友，也有专业正规的大厂家。其他经典名机电路还有Matisse Fantasy、Reference、Jadis、Mcintosh(麦景图)等，很多音响书籍均有描述。不过这些电路相对比较复杂，电路虽然容易出声，出好声却不容易，更不要说与原机相媲美了。总的来说，这些名机“经常被模仿，却从未被超越”。根据简洁至上的原则，在选定线路时确定每个声道只限于用一枚6N3，这样信号的路程短，线路本身的噪声容易控制。用一枚6N3可以搭建的常用电路大约有5种，如图2所示。

图2(a)图是基本的阴极跟随器电路，电路形式最简单，原理与晶体管电路中的射极跟随器很相似，输入阻抗高，输出阻抗低，信号的输入／输出相位相同，电压增益略小于1，常用来做两级电路间的阻抗匹配。原本很少单独作为一个单元电路使用，随着电子管电路在音响领域的复出，被大量作为降低数码声音频调制器使用，还被冠以“CD桥”的雅称，也有资料称之为“音频传输线”。

图2(b)是6N3中两个三极管的并联接法，电路形式与图2(a)相同，两个三极管并联起来使用，物尽其用，电流输出能力高是其主要特点，做耳机放大器的输出最合适。

图2(c)是SRPP(Shunt Regulated Push−Pull，并联推挽）电路，它很少应用在音频放大电路，一般用于直流放大器或仪器仪表电路，与阴极跟随器一样得益于电子管电路



(a) 阴极跟随器（单管） (b) 阴极跟随器（双管并联） (c) SRPP 电路
(d) 双管两级放大（负反馈方式） (e) 双管两级放大（直耦，跟随器输出）

图2 用一枚6N3构成的常见前级电路

在音响领域的复出而备受发烧友推崇。SRPP电路具有线性优良、失真率低、放大率高、动态大、输出阻抗低等优点，用这种线路构建的前级，各项性能指标比一般的两极共阴RC耦合或末级作阴极跟随器的典型电路都要优秀一些。SRPP的原理是三极管（V1−1）作共阴极放大，其增益由阳极阻抗决定，三极管（V1−2）接成恒流源形式，作为V1−1阳极的有源负载，有很高的等效阻抗。信号可以由R1的上端输出，也可以由R1下端输出，后者也被称为改进型SRPP电路。

图2(d)是经典的两级RC耦合负反馈放大器，曾广泛用于包括音频信号在内的线路放大器中。

图2(e)取消了图2(d)中的负反馈网络，采用开环方式，对减少信号的相移有利，两级直接耦合能减少信号细节的损失，V1−1一般设置为经典靓声的A类共阴极放大，V1−2接成阴极跟随器做输出，容易与后级实现良好匹配，与图2(d)图相比，线路更简单。

为了物尽其用，将6N3中的两个三极管都用上，最初选定的电路是图2(c)和图2(e)。不选图2(b)的原因是尽管两个三极管位于同一个管壳内，但二者参数的差异还很明显，这与晶体管中的孪生管有所不同。与图2(a)相比，图2(b)的直接并联接法虽然电流输出能力高，但在这里用处不大；图2(b)的音乐低频冲击力表现有所提高，但表现力却大打折扣。

在随后的对比实验中，采用图2(c)和图2(e)搭建的电路，上冲的感觉比较明显，这可能与现代数字音源电路的输出电平已经比较高有关，将CD输出级的缓冲放大级只保留0dB缓冲级，于是原来“上冲”的感觉明显减少。不过，也不排除数字音源输出级本身的素质有限的原因。综合考虑之后还是回到原点，最终选用最简单的阴极跟随器电路。

二、末级电路

LME49810内部已经集成了末级偏置电路所需要的偏流二极管。工作点与温度有关，晶体管和电子管莫不如此，而我们目前的音频放大器，无论采用何种电路模式都希望它与温度无关。工作点稳定与否，不但对THD（总谐波失真）指标影响很大，还对电路的安全性有所影响，分立元件电路的设计和调整，很大的工作量都在于此，集成偏流二极管使电路的设计和调整都变得相对简单。

LME49810的应用资料显示典型应用仍然需要外接一个偏置三极管，与末级功率晶体管安装于同一散热片上。既然推动级使用了集成电路，那么末级输出就不推荐使用更复杂的电路。普通的达林顿音响对管应该是最低要求的。资料显示，用LME49810构建的功放，在±100V供电、8Ω负载、THD不大于0.05%的条件下，输出功率可以达到500W，额外的推动反而有些“画蛇添足”。三肯、东芝、日立、摩托罗拉等公司曾经都是音响对管的著名生产商，但如今，还仍然在此领域推出新品的公司却很少，三肯公司就是其中之一。有些产品是采用新一代半导体芯片生产技术的老型号，属于“新瓶装旧酒”。台湾的ON(安森美)也有针对音频放大的新品，比较有特色的是Thermal Trak系列，其内部集成了独立的温度补偿二极管，不过使用报告很少，市场上也并不多见。为了保险起见，还是选用三肯对管稳妥一点，可选的三肯音响达林顿对管如表3所示。

表3 一些大功率三肯音响对管的主要参数

型号		P_C(W)	I_C(A)	V_{CEO}(V)	备注	封装
PNP型	NPN型					
2SB1560	2SD2390	100	10	150	标准达林顿音响对管	TO3P
2SB1647	2SD2560	130	15	150	标准达林顿音响对管	TO3P
2SB1570	2SD2401	150	12	150	标准达林顿音响对管，大封装	MT−200
2SB1648	2SD2561	200	17	150	标准达林顿音响对管，大封装	MT−200
SAP10P	SAP10N	100	12	150	集成温补二极管和射极电阻	TO3P−5L
SAP15P	SAP15N	150	15	160	集成温补二极管和射极电阻	TO3P−5L
STD03P	STD03N	160	15	160	集成温补二极管	TO3P−5

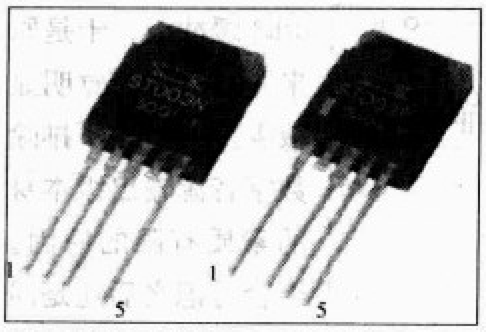


图3 STD03N/STD03P的实物外形图

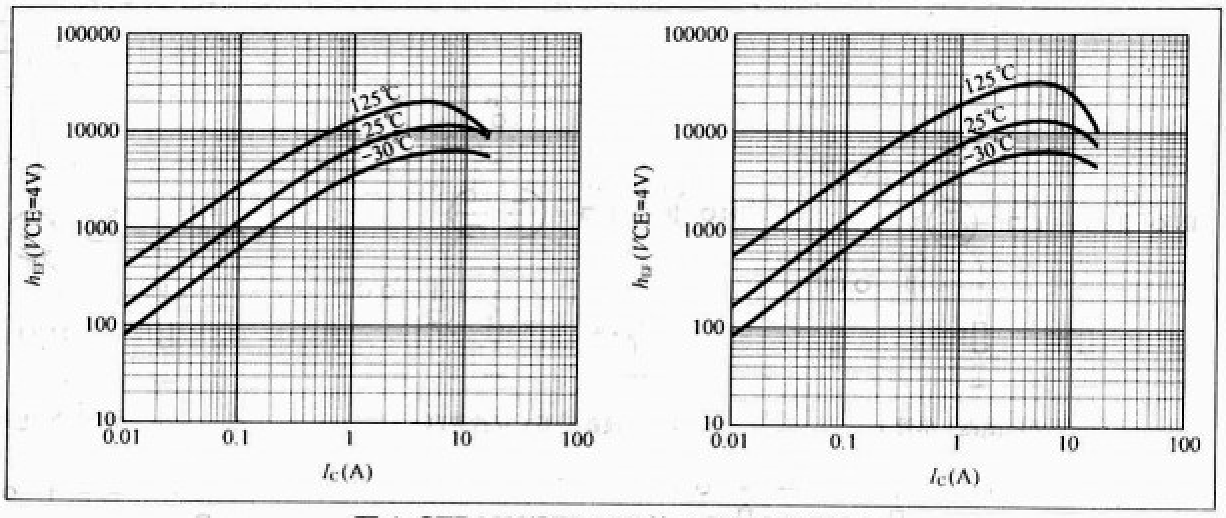


图4 STD03N/STD03P的 h_{EF} 和 I_C 曲线图

从精简电路来看，SAP系列是最好的选择，不但集成了温度补偿二极管，还集成了发射极电阻，音频专用大功率低阻值电阻有时候不太好买，集成的电阻不但品质有保证，一致性也很好，遗憾的是手中刚好没有现成的管子可用，只好选用STD系列，即STD03N和STD03P。与SAP系列的区别是没有集成发射极电阻，封装改为TO3P标准，引脚为5个，其中一个是空脚，实物如图3所示。STD系列的温度特性非常好，在−30℃～125℃范围内，集电极电流 I_C 在10A以内的放大曲线都接近一致，测试波形如图4所示。

由于LME49810和STD03N/STD03P内部都集成了温度补偿二极管，所以连接方法就可以有多种选择。如果要采用LME49810电子数据文档中的基本应用电路形式，可以将STD03N/STD03P当作标准的达林顿对管使用，此时只需要将STD03N的1脚和2脚、STD03P的4脚和5脚分别短接即可。偏置三极管可以选用三肯的2SC4883或者TO220封装NPN型的其他型号中功率三极管，不过对于STD03N/STD03P来说就有点可惜了，还不如直接选用表3中的标准音响对管。如果将STD03N/STD03P内部的温度补偿二极管充分利用起来，同时尽可能的简化电路，有图5所示的两种连接方法可供选择。

图5（a）图中的LME49810是标准接法，STD03N/STD03P的基极单独有一路偏流，相当于偏流回路并联，可以称为“并联偏流法”，两路偏流电路共同稳定功率对管的静态工作点，可以分别细调。因为STD03N/STD03P本身已经有温度补偿能力，偏置三极管Qm就不一定非要与功率对管一起安装到散热片上，多对STD03N/STD03P并联使用时，这种方法是比较适用的，缺点是电路稍显复杂一些。

图5（b）比图5（a）的电路要简单些，两个偏流回路相当于串联，可以称为“串联偏流法”，需要注意的是偏流回路的连接方法，末级上管的温度补偿二极管引脚和LME49810的Bias_M（11脚）相连，下管的温度补偿二极管引脚与LME49810的Bias_P(12脚)相连，乍一看，似乎与LME49810的标准接法有些不同。这种方法对只使用一对STD03N/STD03P的情况比较适用，电路相对简单些。出于体验目的，这次实验电路只使用了一对STD03N/STD03P，所以采用了图5（b）电路。

三、胆石功放的完整电路配置

图6是用LME49810推动IC的完整电路原理图，在±50V供电时末级在8Ω负载上可以得到125W左右的输出功率，前级供电为±100V。尽管在LME49810的资料中说其具备良好的电源纹波抑制能力（PSRR = 105dB），不需要稳压电源供电，因为电源电压已经到了LME49810的上限，为了保险起见，前级供电还是使用了简单的串联稳压电路，与6N3共用。

电子管6N3中的一个三极管接成阴极跟随器形式，作为校声电路，另一半全部接地，阳极供电电路采用了被称为

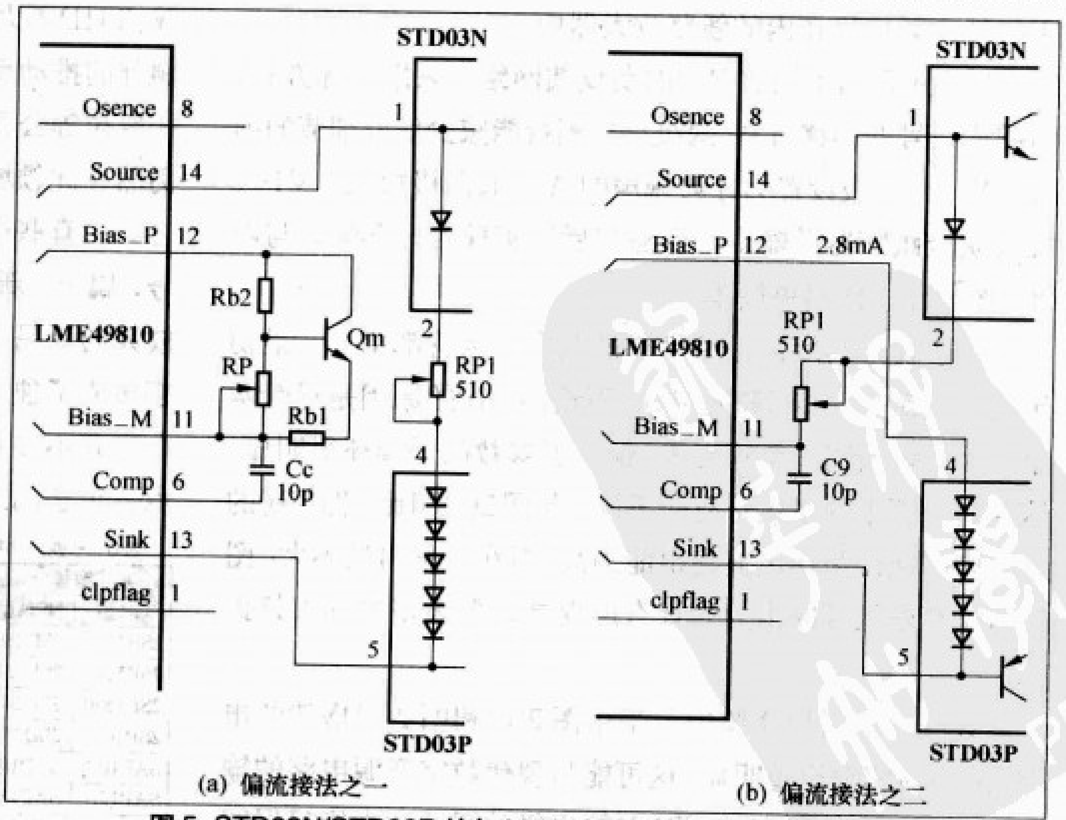


图5 STD03N/STD03P的与LME49810的两种不同接线方法

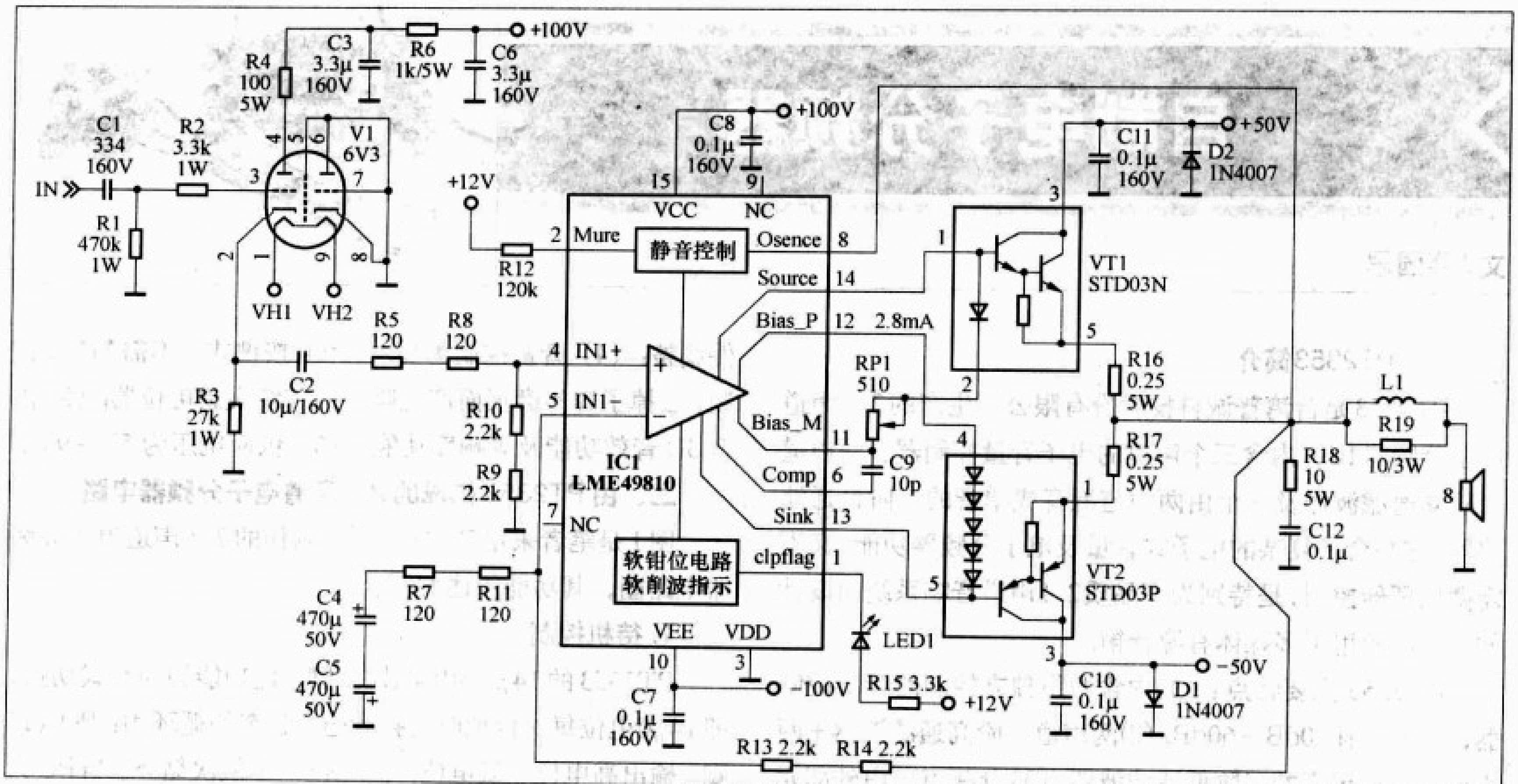


图6 LME49810为推动级的胆石功放电路原理图

"近点二次滤波"的供电方式，能够在一定程度上降低噪声并避免6N3对其他单元电路造成影响，所以在实际安装时，R4、R6、C3、C6要尽可能接近6N3安装而不是安装于电源电路。需要注意这部分电路中电阻的耗散功率，这是电子管电路的一个特点，尽量不要使用偏小功率的电阻。

在图6中，对比其应用文档，看关于LME49810电路部分：$Rin = Ri = R5+R8 = R7+R11$；$Cin = C2$；$Rs = Rf = R13+R14$；$Ci = 0.25(C4+C5)$，$R12 = Rm$；$R15 = Rc$。在同一声道中，Rin与Ri、Rs与Rf之间的阻值误差最好小于1%或者更低，用两个相同的电路做立体声功放时，所有的Rin与Ri、Rs与Rf之间的阻值误差都要小于1%或者更低，并且Cin、Ci的容值误差也要小于1%为好，其原因是：电路的电压增益计算公式是：$Av = Rf/Ri$(V/V)，电阻的单位统一使用Ω或者kΩ。Ri推荐的阻值是243Ω左右，通过调整Rf的阻值确定放大器的电压增益，图6电路的电压增益为18V/V，注意，Av不能小于10V/V，否则电路容易自激。

Ri和Ci构成反馈回路的高通滤波器，决定了放大器频率响应的低端，−3dB频率转折点计算公式是：$fi=1/(6.28RiCi)$(Hz)，电阻的单位是Ω，电容的单位是F。按图6电路中的元件数值，fi=2.8Hz。

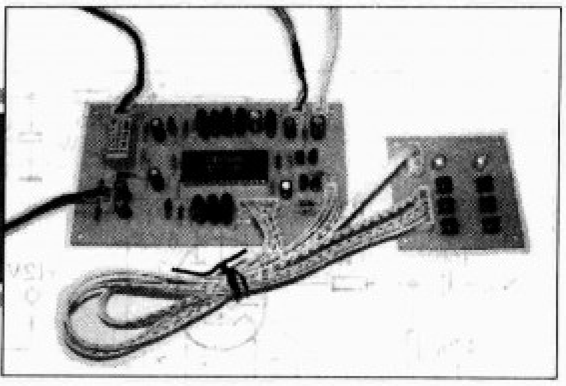
Rin和Cin构成输入回路的高通滤波器，决定了放大器信号输入的频响低端，−3dB频率转折点计算公式是：$fin=1/(6.28RinCin)$(Hz)，电阻的单位是Ω，电容的单位是F；按照图6电路中的元件数值，fin=2.76Hz。

使用多个元件串连或者并联可以抵消元件的部分误差，缺点是会增加一点噪声，如果有精确测量条件，使用单个高精度阻容元件是首选。需要额外说明的是，有观点认为数字万用表的精度很高，其实只是读数误差很小，很多数字表的测量精度并不一定比指针表高。无论用哪一种万用表，核实上述元件的数值是可以的，精确测量的话，精度都是不够的，尤其是对电容的测量。

LME49810的静音控制电路需要50μA～100μA的控制电流(Im)，Im不能小于1μA，否则电路会进入静音状态，也不能超过200μA，否则会导致IC的损坏，因此，使用不同的静音控制电平(Vm)的时候，需要调整Rm的阻值，计算公式是：$Im = 1000(Vm-0.7)/(Rm+10)$(μA)，电阻的单位是kΩ，电压的单位是V。

LME49810带有"软削波"指示端子，当内部软钳位电路工作时，1脚会变为低电平驱动外部指示电路，驱动电流为4.7mA左右，最大不能超过10mA。如果不用软削波指示功能，也要通过一个限流电阻连接至外部基准电压，如5V或者12V等。

关于LME49810外围电路，需要计算的大致就是这些。要想得到不俗的声音，仅仅有一个优秀的放大器电路是远远不够的，所谓"好马配好鞍"，还需要一个优秀的电源与其配合。按照通常的说法，电源在整个功率放大器中的成本要占到50%才算合理，功放的输出功率越大，这个比例越高。关于电源电路，还有控制电路以及保护电路的内容，如果有机会，将会在后续的文章里介绍。



自制电子分频器

文 / 廖国思

一、PT2353简介

PT2353是台湾普诚科技股份有限公司生产的2.1声道电子分频器IC，内含三个声道的电子音量控制器、两声道二阶高通滤波器及一个由两声道混音成单音的二阶低通滤波器。它整合了复杂的电子式音量及电子分频器功能，又不需微处理器控制，是特别为高品质2.1声道音响系统而设计的，广泛应用于多媒体有源音箱。

PT2353主要特点：(1)内含两组独立控制的音量控制器，控制范围：0dB～60dB；(2)两声道二阶高通滤波器＋两声道混音成单音的二阶低通滤波器；(3)分频点可由外部元件调整；(4)音量控制为up/down按键式，不需MCU控制，去掉了容易磨损而产生噪声的传统炭膜电位器；(5)内含3D音效功能及等响度功能；(6)供应电压为5V～9V。

二、由PT2353构成的2.1声道电子分频器电路

图1是笔者采用PT2353设计制作的2.1声道电子分频器电路图，其功能简述如下：

1. 待机控制

PT2353的14脚为电源控制脚，此功能为循环式切换，即14脚电位每次接地时转换状态，状态的循环为：PO（15脚）输出高电位－低电位－高电位……依次循环。当PO为OFF时，PT2353将进入待机（Stand By）状态，所有功能将锁定无法控制。

当系统刚通电时，PO输出高电位，则VT3导通，PW LED灯亮，表示整机处于正常工作状态，同时，VT1导通，VT2截止，继电器K的线圈无电，其常闭触点保持闭合状态，可正常输入信号。

当按一下“待机”按键时，PO输出低电位，VT3截止，PW LED灯熄灭，同时VT1截止，VT2导通，继电器K得电，其常闭触点断开，无信号输入，确保待机状态静音。

2. 音量控制

PT2353的音量控制有两组，分别为主音量控制和重低音音量控制。音量控制由/MUP（11脚）及/MDW（12脚）脚位控制，当/MUP脚位电位被接至地时，主音量上升，当/MDW脚位电

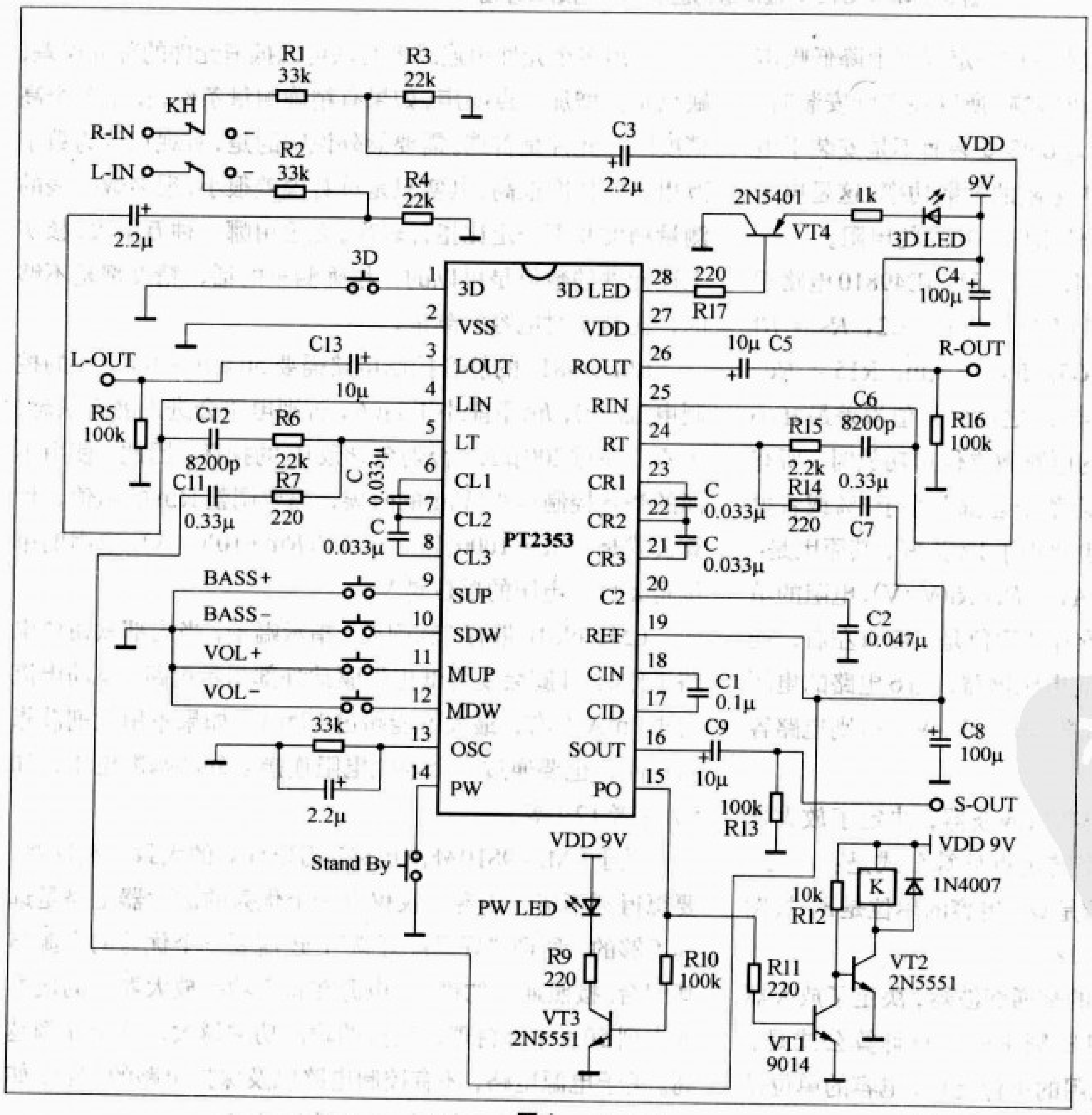


图1

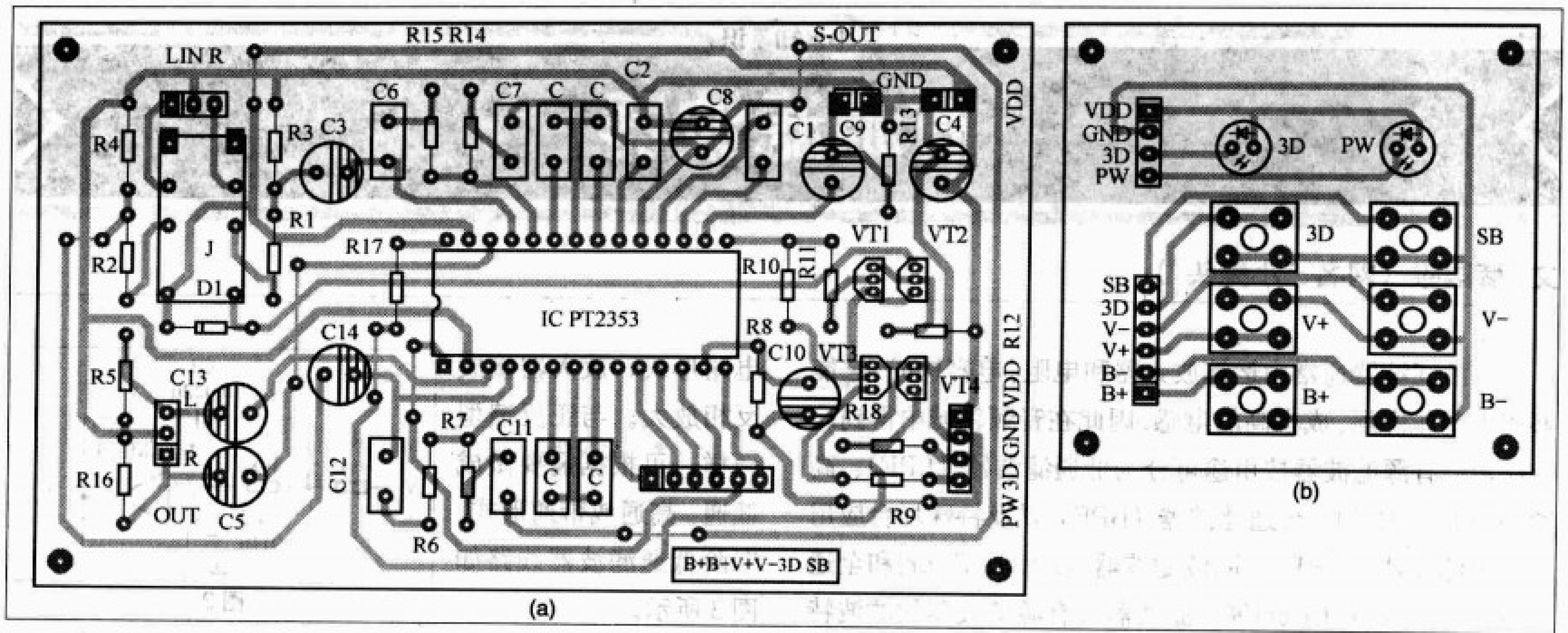


图2

位被接至地时，主音量下降。即分别由按键“VOL+”和“VOL −”来控制。

重低音音量控制由/SUP（9脚）及/SDW（10脚）脚位控制，当/SUP脚位电位被接至地时，重低音音量上升；当/SDW脚位电位被接到地时，重低音音量下降。即分别由按键“BASS+”和“BASS −”来控制。

3.3D 音效

3D脚为3D音效控制脚位，此功能为循环式切换，即3D脚电位每次接地时转换状态。当3D开启时，28脚连接的LED将点亮以显示状态。当系统处于待机时，3D音效也随之自动关闭。

4. 滤波器

PT2353的主声道内含高通滤波器，可将主扬声器的低频滤除，以配合重低音低通滤波器特性。每声道外接两个电容，用以调整分频点，如图1中6～8脚、21～23脚外接的4个电容C。

重低音声道为将主声道混音后，用Sallen−Key形式的低通滤波器滤除高频，以配合主扬声器的高通滤波器特性。此低通滤波器可由两个外接电容C1、C2改变分频点。

在本电路中，分频点选择在120Hz，则电容选择为：C=0.033μF，$C1$=0.1μF，$C2$=0.047μF。

三、安装调试

PT2353芯片性能稳定，本文介绍的电子分频器，只要合理布置PCB，外围元件质量过硬、参数准确、装配无误，无需调试都能获得成功。图2为电路板图（PCB图）。

四、关于末级功放

由于定位于多媒体音箱，功放方面可采用比较经典的TDA7296及LM1876集成功率放大器来驱动，其中LM1876担任左右声道的功率放大，而TDA7296则担任重低音功率放大。

知识链接

有源滤波器 Sallen-Key

Sallen−Key是一种信号处理电路中常用的有源滤波器，且有高通Sallen−Key滤波器和低通Sallen−Key滤波器之分，由于采用了部分正反馈而具有较好的质量因数。

图1是一种典型的高通Sallen−Key滤波器电路，其中THS3001是德州仪器厂生产的420MHz高速电流反馈放大器，工作电源电压范围宽达±4.5V～±16V。其2脚为负输入、3脚为正输入、4脚为外接负电源、6脚为输出、7脚为外接正电源，其他各引脚均为空脚。该滤波器在工作时，经C1进入的低于159kHz的信号大部分被滤除，而159kHz以上的高频信号则可以顺利地通过，经THS3001放大后由其第6脚输出。

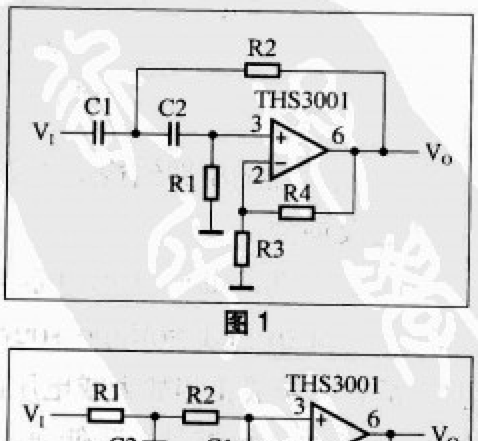


图1

图2则是一种典型的低通Sallen−Key滤波电路，该电路中的C1和C2对于低频信号相当于开路，低频信号经R1和R2进入THS3001，经放大后由其第6脚输出。对于高频信号C1和C2则相当于短路，高频信号在THS3001的输入端即被短路入地，C2是正反馈电容，它提高了信号的Q值。（汤志成）

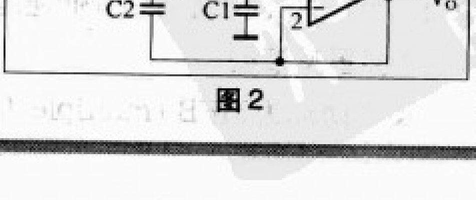


图2

小知识

有源滤波器

文/薛国雄（网名“小鬼头”）

有源滤波器通常由运算放大器和电阻、电容构成，它能够省去制作麻烦、成本高的电感，因此在音频领域中得到广泛应用。有源滤波器按用途可分为低通滤波器（LPF）、高通滤波器（HPF）、带通滤波器（BPF）以及特殊场合应用的带阻滤波器（BRP）、陷波滤波器（notch filter)和全通滤波器（allpass filter)等。滤波器（有源滤波器的滤波特性）以数学函数来命名，常见的有巴特沃兹(Butterworth)、贝塞尔（Bessel)、契比雪夫（Chebyshev）3种，他们均为全极点滤波器，用有源器件也容易实现。其中，巴特沃兹型通带频响最平直，相位特性差于贝塞尔型，贝塞尔型又叫做汤姆森(Thomson)型，是通带内为线性相位的滤波器，阶跃响应最优，通带靠近转折频率处频响略有下降，转折频率以外衰减比巴特沃兹型慢；契比雪夫型滤波器在转折频率以外衰减比前两者快，但相位特性差，通带内频响有起伏，在音频电路中使用的频繁程度远比不上前两者。这3种滤波器的频响特性如图1所示，图1中的契比雪夫型为通带频响允许有3dB纹波起伏的设计。

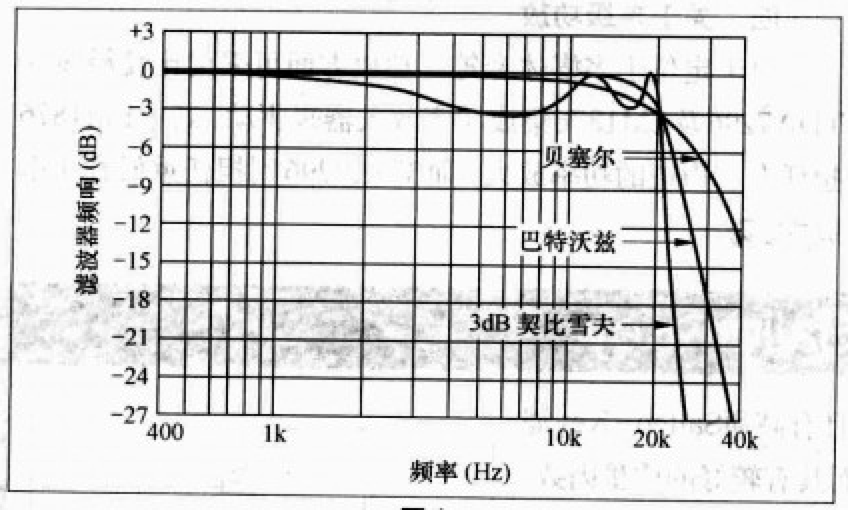


图1

有源滤波器的电路结构形式主要有以下几种。

1.正反馈型

国外常称为Sallen-Key（索伦奇）型，也有叫VCVS (voltage controlled voltage source)型，即电压控制电压源型。放大器接成正相放大或电压跟随器，音响电路中经常使用。典型的正反馈型二阶低通滤波器电路如图2所示。

2.多重反馈型

英文简称为MFB (multiple feedback)型，也是常用的电路形式，放大器接成反相放大。与正反馈型一样，可根据需要做成低通、高通或带通形式。二阶低通滤波器线路如图3所示。

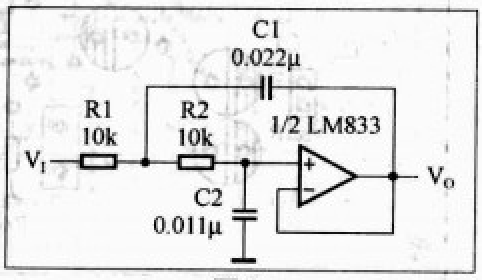


图2

3.状态变量型

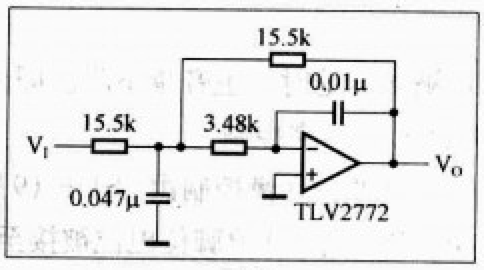


图3

英文名称为state variable型。构成二阶滤波器需要使用3个运放，电路较为复杂，能同时实现低通、高通和带通滤波器功能，可以方便地独立进行转折频率、Q值、增益3个重要参数的调节，因此广泛应用于计测等信号处理电路中。图4所示的电路是转折频率为1kHz、Q为10、带通增益为1的状态变量型滤波器，VHP为高通输出，VBP为带通输出，VLP为低通输出。

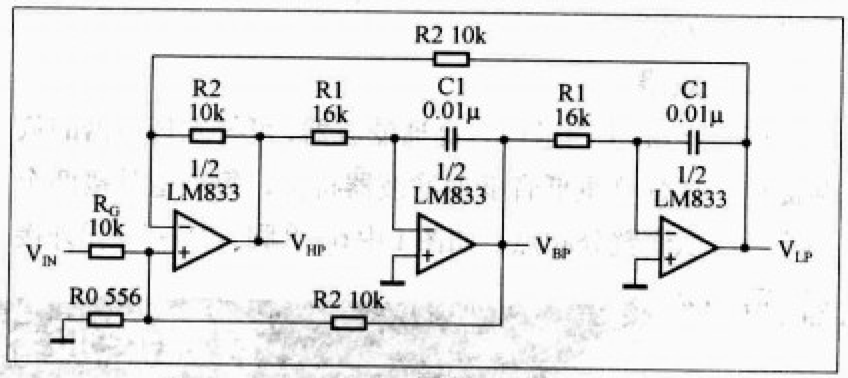


图4

4.广义电抗变换型

英文名称为generalized imittance converter，简称为GIC型。近年出现在一些高档CD机和音频解码器中。图5所示的是一个可作同样用途的GIC型三阶低通滤波器电路，这种低通也叫FDNR线路（frequency dependent negative resistor频率依存负阻）。由2个运放（A1A、A1B）与5个外接RC元件（R11、R12、C13、R14、C15）构成电抗变换器，产生负导抗效果，令音频通路上的电阻R1和R3等效为电感，电容C4等效为电阻，自身单元电路等效为电容，从而构成了转折频率为40kHz的三阶低通滤波器。

有源滤波器滤波的种类很多，线路形式各异，一些名称

用LME49810打造胆石功放（续）

文/吴红奎

四、电源供给电路

1.电子管灯丝电源

6N3的灯丝电源电压为6.3V（交流有效值），采用直流供电时，电源电压范围是7V～9V，稳压供电采用低值，非稳压供电采用高值，灯丝电流交流供电时，典型值为350mA。

胆管（电子管）前级是采用交流供电还是直流供电，历来有不同说法，直至目前尚无定论。在实际应用中，无论是DIY的土炮、名家里手焊制的“概念机”，还是著名厂商的正式商品机，直流供电与交流供电都有成功应用的实例。晶体管开始大规模应用以后，电子管制造技术和电路技术的发展几乎停顿，直至今日，以调试和调声方法进行电路性能定型仍然是电子管音频放大器的主流，并没有像晶体管那样迅速标准化，这也许也是电子管线路的一种独特魅力吧。从经典电路来看，电子管设计之初，灯丝是采用交流供电的，通俗地说，它和白炽灯的灯丝概念上并没有太大的区别，功能上更接近于电炉上的电炉丝，是加热用的，目的是延长阴极的寿命；直热式电子管（功率管居多）的阴极兼有灯丝的功能，因此就没有灯丝。

灯丝采用交流供电，其优点是供电电路简单，灯丝发热较为均匀，声音表现温暖。而灯丝采用直流供电，其特点是交流供电容易感应交流声，不利于提高电路的信噪比，而直流供电则无此弊端，采用稳压供电更好。灯丝供电方法有各种各样，包括直流和交流形式的，比较典型的交流供电方法如图7所示，直流供电的方法如图8所示。

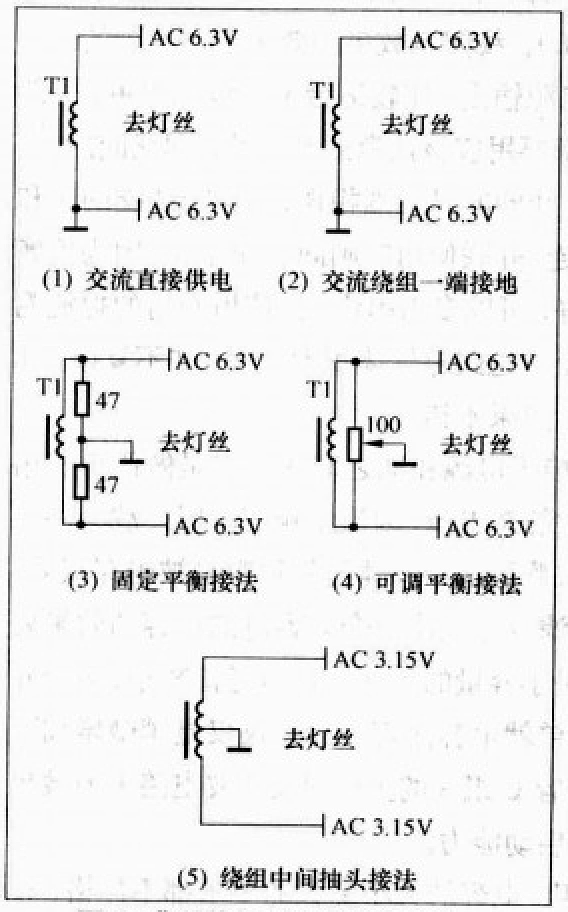


图7 典型的灯丝交流供电方法

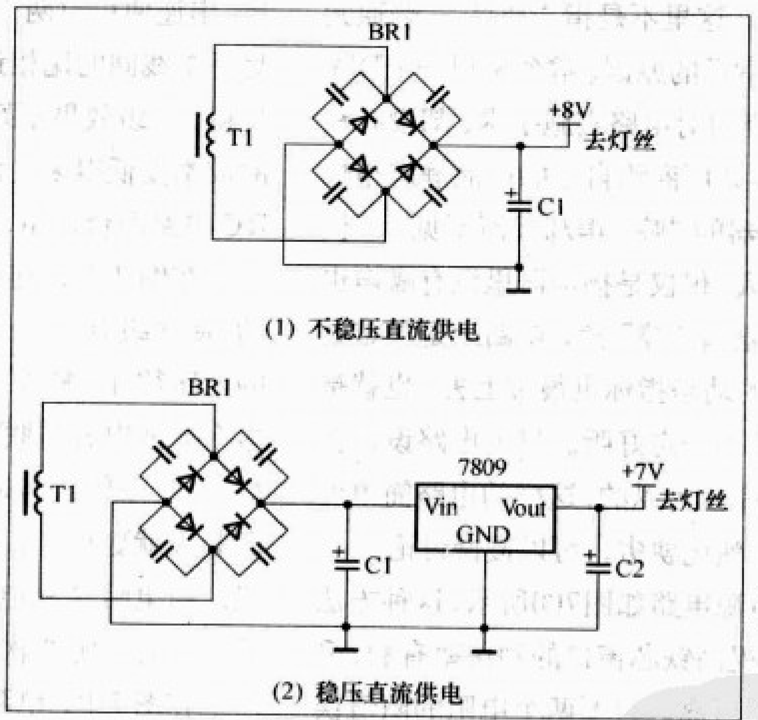


图8 典型的灯丝直流供电方法

笔者认为，对于直热式电子管来说，感应交流声的说法似乎能找到站住脚的理由，电子管最初用于通信，对音频噪声并没有过多关注。在电子管一

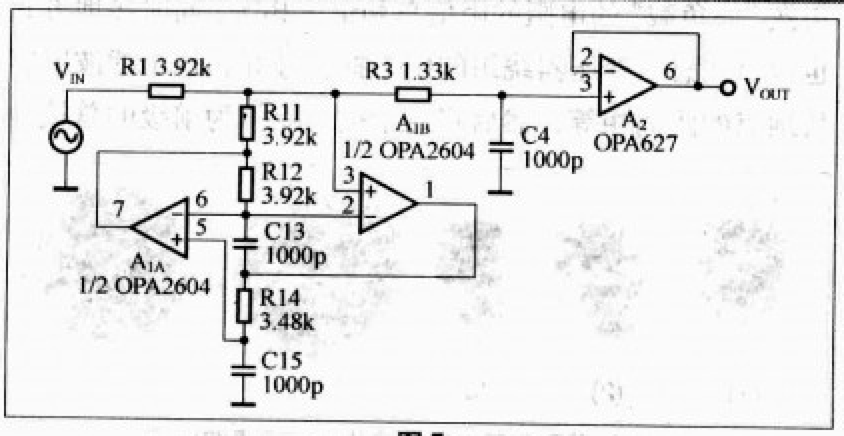


图5

也不统一。部分音响制作者常把有源滤波器的滤波特性与电路结构混淆，比如认为Sallen-Key型有源滤波器是一种，巴特沃兹型滤波器则是另一种；又如看了一些使用“贝塞尔滤波器”字眼来描述多重反馈型电路的文章后，错误地把多重反馈型电路认定为贝塞尔滤波器。实际上，上述Sallen-Key等4种有源滤波器线路，通过改变外接元件参数，都可以制作出巴特沃兹型、贝塞尔型、契比雪夫型或其他滤波特性的滤波器。

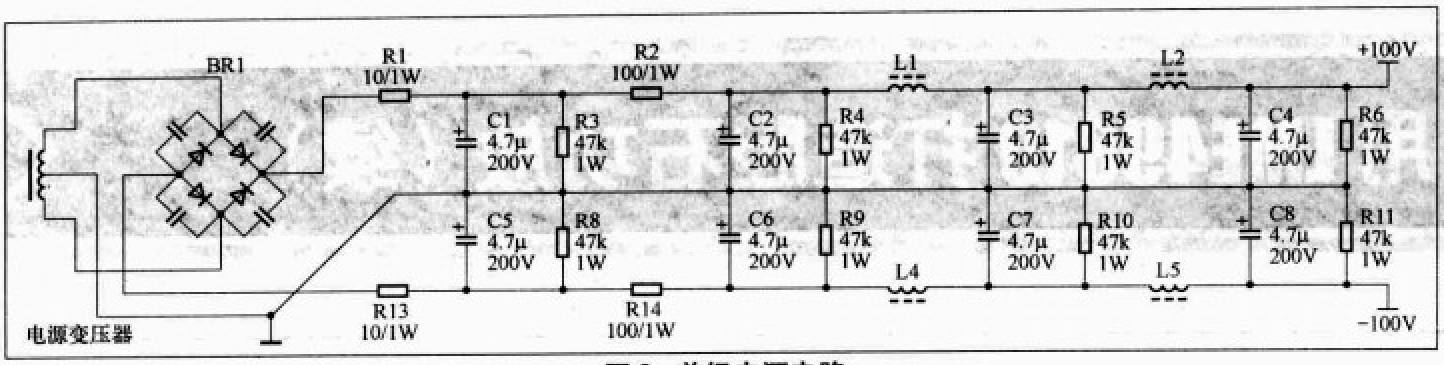


图9 前级电源电路

统天下时，民用放大器也着重于输出功率，对本底噪声并不苛求，到后来晶体管大行其道，人们的欣赏也水涨船高，Hi-Fi的概念深入人心，失真及噪声，尤其是本底噪声等静态指标成了放大器追求的主要指标。当然和商业炒作有一定关系，消费者很乐意追捧“卖点”、“创新点”，商家也乐此不疲。DIY领域的很多“焊机派”往往对自己的“补品”、“猛料”津津乐道，天价名机也往往是一张“猛料”菜单，对电路和器件本身往往避而不谈。

根据实践经验，电路的静态指标往往和电路布局及电路设计有关，不合理的布线、电路某一级的增益设计不合理（照搬电路者常见）、各级之间的输入和输出阻抗不匹配、外围元件的质量不合格（注意，这里不是指“补品”，普通元件也需要合格才行）是比较常见的原因。常会见到一个DIY者抱怨自己的放大器“哼”声而对电路实施手术，却没有注意电源变压器的“哼”声；某某厂商称自己的产品静态指标如何如何高，而对所用变压器的“哼”声却视而不见。即使是厅堂音响，听音面积比较大，仅仅是扬声器里没有噪声也是不够的，况且，电源变压器有“哼”声，电路上是很难处理的，即使处理掉了，音响的动态指标也很难上去。也就是说，放大器本身很安静，却不一定好听。只要电路设计合理，电子管采用交流供电是完全可以的，这样的电路简单可靠，至于“直流”、“交流”孰优孰劣，可以慢慢讨论。

因此最终采用的灯丝电源电路如图7(3)所示，这种方法可以节省一个绕组抽头，对提高铁芯窗口的利用率有利，采用固定电阻比采用可调电阻可靠，只要两个电阻的阻值误差不大，可以满足一般应用要求。

2.电子管校声和推动级的供电电源

为了减少供电电路的复杂性，6N3和LME49810共用一组电源，6N3仅使用其中的+100V电源，根据LME49810的数据资料，其电源纹波抑制能力已经很高了，不需要有源稳压电源。而电子管电路，从实践上看，有源稳压电路也很少取得明显的效果，经典的供电电路仍然是LC滤波电路。由于电子管的应用日渐稀少，用于电子管电源滤波的专用电感（扼流圈）也很少见了，物以稀为贵，价格也贵得离谱。年代久远或者质量不好的，还会有“哼”声。于是决定采用代用电路，用RC和LC混合串连多级滤波代替传统的LC滤波方式，电路如图9所示。

图9中的电感线圈并非传统电子管电源专用的，而是廉价易得的高频滤波线圈，在PC电源中很常见，一个二手PC电源不超过20元，具体要看当地电脑市场的行情。除此之外，功率型的电阻、高压电容、大型的铝质的散热器也可以用，一般电源中的这些部件很少坏掉（主滤波电容除外），末级功率管多个共用可能偏小，但是一个管子还是够用的。图10是PC电源中常见的几种高频滤波电感，最后一个一元的硬币是作为外形尺寸参考用的。

图10中的电感都适合图9中用，一般环形的效果要好于工形的，见图10(3)，线圈匝数多的效果要好于少的。图10(4)一般用于PC电源输出，比较适合于末级电源用，一般有多组线圈。如果都要用应该注意线圈极性，即线圈的头、尾，串连使用时两个线圈的异名端相连，即一个线圈的头和另一个线圈的尾相连，并联使用时则同名端相连。因为价廉易得，一组效果不好，可以多组串连，比使用专用的扼流圈的成本要低得多，虽然电路整体体积大一些，并不复杂，和RC电路配合使用，效果不错。

在图7中，连接于电源和地之间的电阻是做假负载用的，使次级有一定的静态电流，因为工频变压器空载条件下的电压往往“虚高”，脆弱的半导体器件很容易被击穿损坏。多个滤波电容并联滤波往往比单个大容量的电容的效果要好一些，一般认为是小容量的等效串连电感比较小，多个并联起来就更小了，单就电容而言，成本仅仅是稍微增加而已。由电阻R和电容C组成的多级RC滤波电路不但效果好，还有一定的软启动能力。

在图7中，电阻、电容的大小参数的要求都不严格，视手头的器件而定，电容的耐压参数至少要160V以上，每路用做“假负载”的电阻的阻值总和最好相等。同时接地方式也应该注意，变压器绕组的中心抽头最好和每个滤波电容接地点的距离相等，然后将这个接地点作为前级的总接地

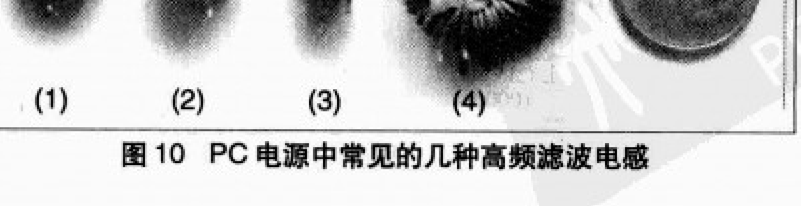

(1) (2) (3) (4)

图10 PC电源中常见的几种高频滤波电感

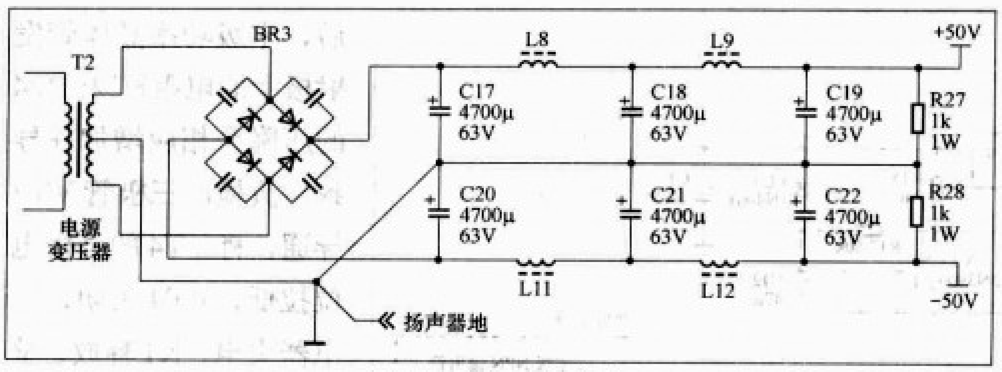


图11 末级电源电路

电路形式很像桥式整流电路，很多资料也是这么说的，但是它们其实是不折不扣的全波整流电路，只不过正、负电源绕组接地点重合了，电路画法精简了，看起来更像“桥式整流”罢了。只要正确连线，在大电流电路中，全波整流电路更有优势，电路所用整流器件少，整流电路的压降低，动态大，对滤波电容的要求也可以适当降低。

点和末级总接地点相连。

3.末级供电电源

末级供电电路如图11所示，设计思路和图9相同，只是末级电源电流比较大，没有采用RC滤波方式而仅仅采用了LC滤波方式，推荐使用图10中第(4)款，它属于大电流类型的电感，输出功率100W以下时，图10中第(1)、(2)款也可以使用，图10中第(3)款如果线圈的线径够大也可以用。除了整流电路以外，推荐每个声道用一套LC滤波电路，级数2～3级即可，超过4级的话，体积大了不说，效果的改善也变得很有限。另外，如果电感的线圈匝数少，可以用线径合适的漆包线重绕，也可以将多个电感的线圈拆下来绕到一个磁芯上，每个磁芯20匝以上即可。

这里着重要说的是接地问题，注意扬声器的接地点并不是某一个滤波电容的接地点，对于只采用一对滤波电容的情况（不考虑并联的小容量CBB电容），这个接地点是两个电容接地点的中间位置，同时变压器绕组的中心抽头也必须在这个点接地，这样才可以最大限度的避免地线干扰。对于多对电容并联情况，如本例，如果是采用试验板或者“搭棚焊”等手工DIY方式，可以用同样规格的、等长的连线将每个电容的接地脚分别连接，然后和变压器绕组的中心抽头、扬声器接地线连接到一起。这一部分的接地问题处理不好，很容易引起不明原因的干扰，难以取得理想的效果。

4.关于桥式整流电路

很多观点都倾向于使用“双桥式整流电路”来提高电路的性能，理由是桥式整流电路可以将变压器绕组与后面的用电回路隔离，不过这种电路的明显缺点是需要多用一倍的整流器件，而且压降也是加倍的。图9和图11中的整流

对于整流电路，成品的整流桥往往是我们的首选，但是大电流的整流桥不但价格贵，品质优良的也不太容易买到。一个品质合格的整流桥，每个桥臂的正向压降和反向击穿电压都应该尽可能的分别相等，也就是说，内部的4个二极管管芯的参数应该尽可能接近一致，但是不幸的是，市场上很多大电流的整流桥并没有做到这一点，也包括一些名牌产品。另外，因为4个二极管管芯集成到一个小体积封装中，散热条件不好，所以功率裕量小，电流裕量往往需要额定最大平均电流的5～10倍。相比较而言，单个的二极管价格便宜，一致性问题可以通过手工筛选解决，这正好适合DIY，从数10个到100个二极管中挑出几组（4个一组）参数足够相近的来并不难，而总成本却比成品整流桥低得多。比较常见的大电流整流二极管有1N5400系列和6A系列等，其主要参数如表4、表5所示。除非临时代用，不推荐将多个二极管并联使用，因为其开关时间的差别会导致电路性能劣化。

市场上常见的是1N5406和6A10，同系列不同电压规格的整流二极管，市场零售价格差别很小，对工频应用而言，正向压降也没有差别，所以不用追求电压规格刚好合适的，容易买到即可。具体到图11的末级供电电路，6A10是首选，1N5402稍微偏小，也可以用。

需要注意大电流整流二极管的安装方法，安装的时候不要剪短引脚，也不要为了整齐划一，让二极管紧挨着印制板，而是要让二极管与印制板平行安装，下部离开印制板5mm以上，否则即使6A10也不够用。还有就是并联在整流管两端的小电容不可省，而且要用高频的品种，这对保护二极管并减少开关干扰非常重要，这些小电容的容量可以不用严格要求，容量标识在102～223的都可以用，即容量为1000pF～22000pF的都可以，这些容量规格也是比较常见和容易买到的，耐压最好在1000V以上，推荐使用2000V的品种，因为它们的价格没有明显的差别，安规电容是首选。

工频整流电路是否需要使用快恢复甚至肖特基二极管，在实践上还有待商榷，虽然后者有更快的开关速度，但是它对于工频整流电路有多少实际意义还有待论

表4 1N5400系列整流二极管的主要技术参数

规格与型号	1N5400	1N5401	1N5402	1N5404	1N5406	1N5407	1N5408
最大反向击穿电压(V_{RRM})	50V	100V	200V	400V	600V	800V	1000V
最大正向平均整流电流(I_F)	3A(T_A=105℃)						
典型正向压降(V_F)	1V(I_F=3A)						

表5 6A系列整流二极管的主要技术参数

规格与型号	6A05	6A1	6A2	6A4	6A6	6A8	6A10
最大反向击穿电压(V_{RRM})	50V	100V	200V	400V	600V	800V	1000V
最大正向平均整流电流(I_F)	6A(T_A=105℃)						
典型正向压降(V_F)	0.9V(I_F=6A)						

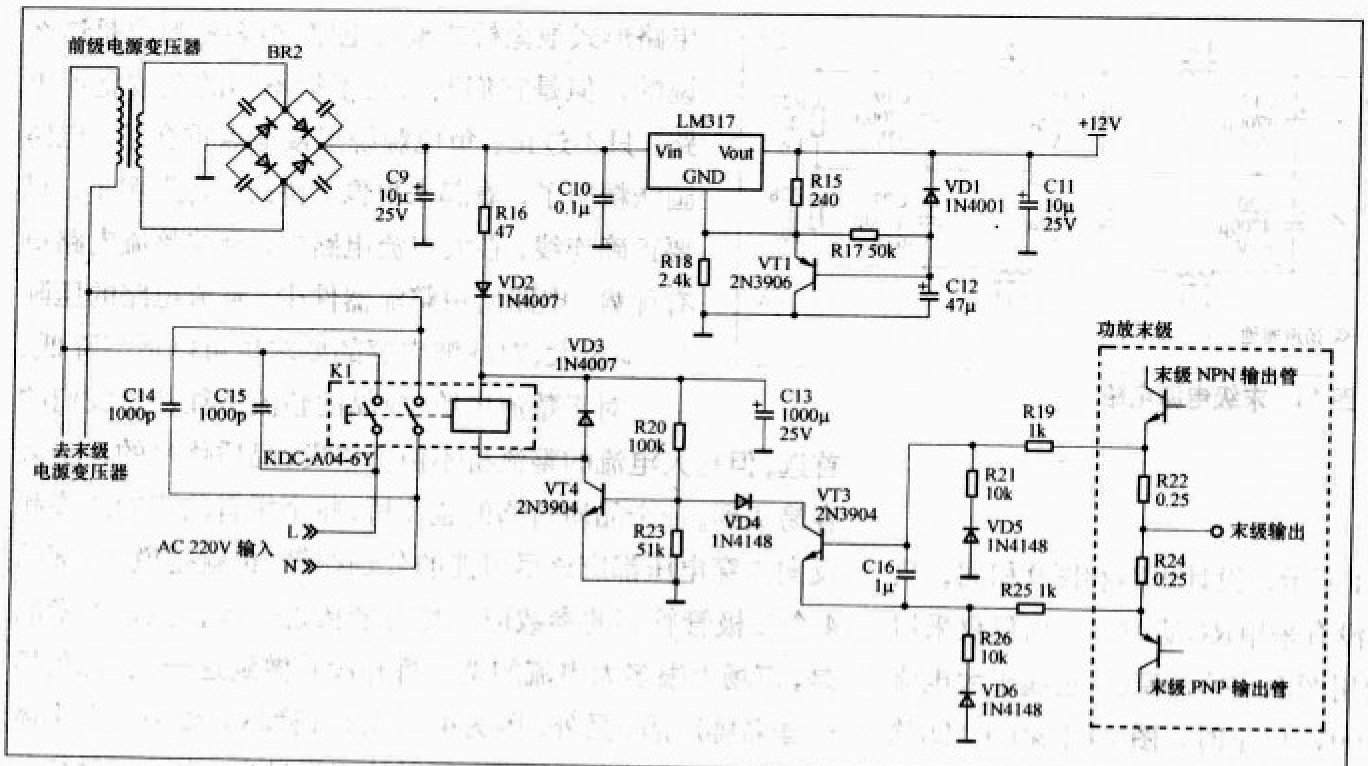


图 12 末级过流保护和启动延时保护电路

证，而后者的正向压降更大却是事实，所以除非手头刚好有参数合适的器件，刻意使用快恢复或者肖特基二极管作为工频整流器件的意义不大。在更大电流的整流电路中，如果大电流的二极管不好买，例如单个超过50A的整流桥和超过10A的整流二极管并不是随处可以买到的，这时候使用电流参数合适的单向晶闸管接成自触发方式作为大电流整流二极管使用倒是不错的选择。

5.保护电路

LME49810已经集成了基本的保护电路，其中的软“Baker Clamp”电路从保护的角度来看，也可以看作是一种过载保护电路，只是没有合适的故障信号可供控制使用，在LME49810的技术资料中，这一部分的应用注解也不够详细，因此设计了经典的末级过流保护电路和启动延时电路，如图12所示。

保护电路没有采用传统的在扬声器回路中串连继电器的方法，而是将继电器放在了市电输入回路里，只有当电路发生严重故障时这个保护电路才会动作，一般性保护由LME49810集成的保护功能完成。图12中的K1是必须手动开启，这种可以手动、电动关闭的磁电一体交流电源开关，常用在可以遥控完全关机的彩电中，所以在市场上比较容易买到。这种开关包含有一个继电器，开启时必须手动，得电自锁，可以手动关闭，也可以通过切断继电器的电源进行关闭，好处是保护功能比较可靠，一旦关闭即完全切断了系统电源，必须手动复位。

在正常情况下，手动开启K1后，VT4导通，K1里的继电器得电完成自锁，VD2起隔离作用，VD3是K1中继电器线圈的续流二极管。当末级发生故障电流超出设计值后，末级功率晶体管发射极上的电阻R22、R24的压降会相应增加并导致电流检测三极管VT3导通，将VT4的基极电位拉低，VT4关闭，继电器失电，K1释放，整个系统被自动关闭。VT3基极的C16起延时作用，避免大动态信号时瞬间的大电流造成电路误动作，VD4、R19、R25起隔离作用，R21、VD5等为吸收电路，保证只有单极性的信号送到VT3的基极。

图12中，C9是控制电源的滤波电容，LM317、VT1及其外围电路组成延时供电电路，控制LME49810的静音脚（2脚）实现延时开机并对钳位指示引脚（1脚）供电（见上期图6）。LM317的软启动电路的原理，很多公开的资料都有说明，这里不再赘述，调整R17和C12的数值可以调整延时时间。由于6N3进入正常工作状态需要时间，并且整个过程是平滑的，本身已经具备软启动功能，所以这个电路只是抑制末级对扬声器的冲击，同时，这个回路的滤波电容很小，关机的时候电压下降很快，可以从一定程度上抑制关机冲击声。如果想改善抑制关机噪声的效果，可以适当减小C11的容量，同时并联一个合适的电阻以加速放电过程；也可以将削波指示引脚的电位导相，正常时LED点亮，削波状态熄灭，让LED来加速控制电源的放电速度。

6.EMI 电路

在电磁环境相对“纯净”的时代，EMI电路被认为是可有可无的，因为它似乎仅仅是对别人有利的事情，只有自身会对电网产生严重干扰的电器设备才会加入EMI电路以避免对工作于同一个电网上的其他电器设备造成干扰，或者自身需要电磁层面上的保密等。到今天发展到电磁环境比较复杂的时代，EMI电路就成了必须，不单单要避免干扰别人，更重要的是避免被别人干扰。

典型的EMI电路一般由若干LC电路组成，早期简单的电路则仅仅由若干电容组成，常见的EMI电路形式如图13所示。图13中的(1)并不是最简单的电路，有时候其中的C1和C3也被省略，在没有地线的电源网络上，它们的作用和C2一样。一般C2用来滤除差模干扰，也被称为“Y电容”，C1和C3主要用来滤除共模干扰，也被称为“X电

容”。在EMI电路中，电容、电感的安全性大于其实用性，电容尤其如此，所以EMI电路中必须使用专门的“安规电容”，即通过安全规范认证的电容，这样的电容以天蓝色和黑色的居多，已经通过认证的安全规范标志一般会有选择的印在电容表面，耐压参数一般标识为交流参数，在电压参

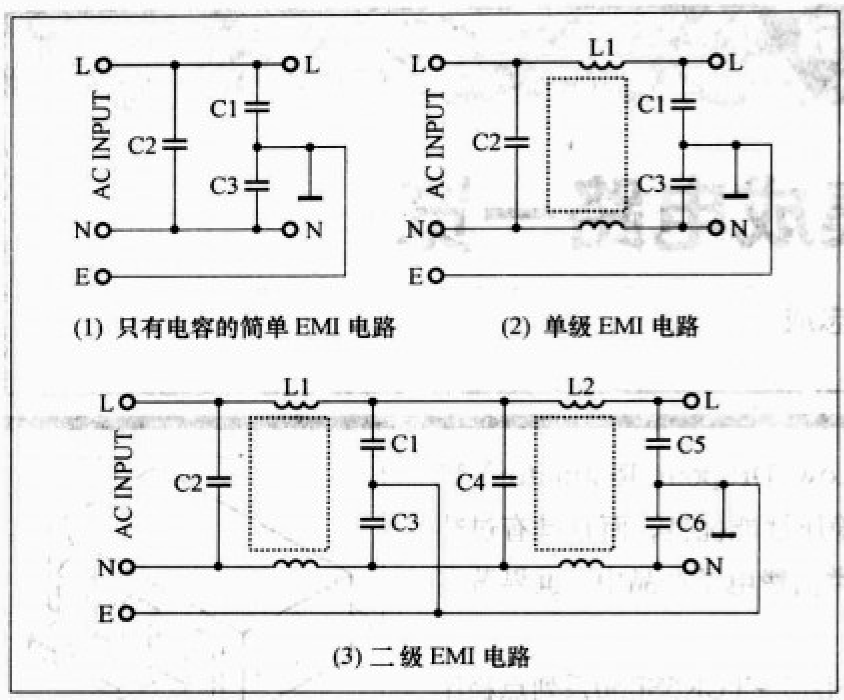


图13 常见的EMI电路形式

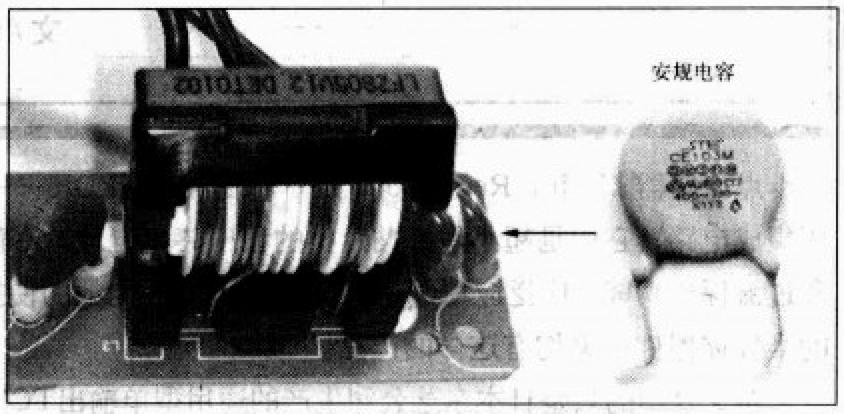


图14 EMI实物电路和安规电容

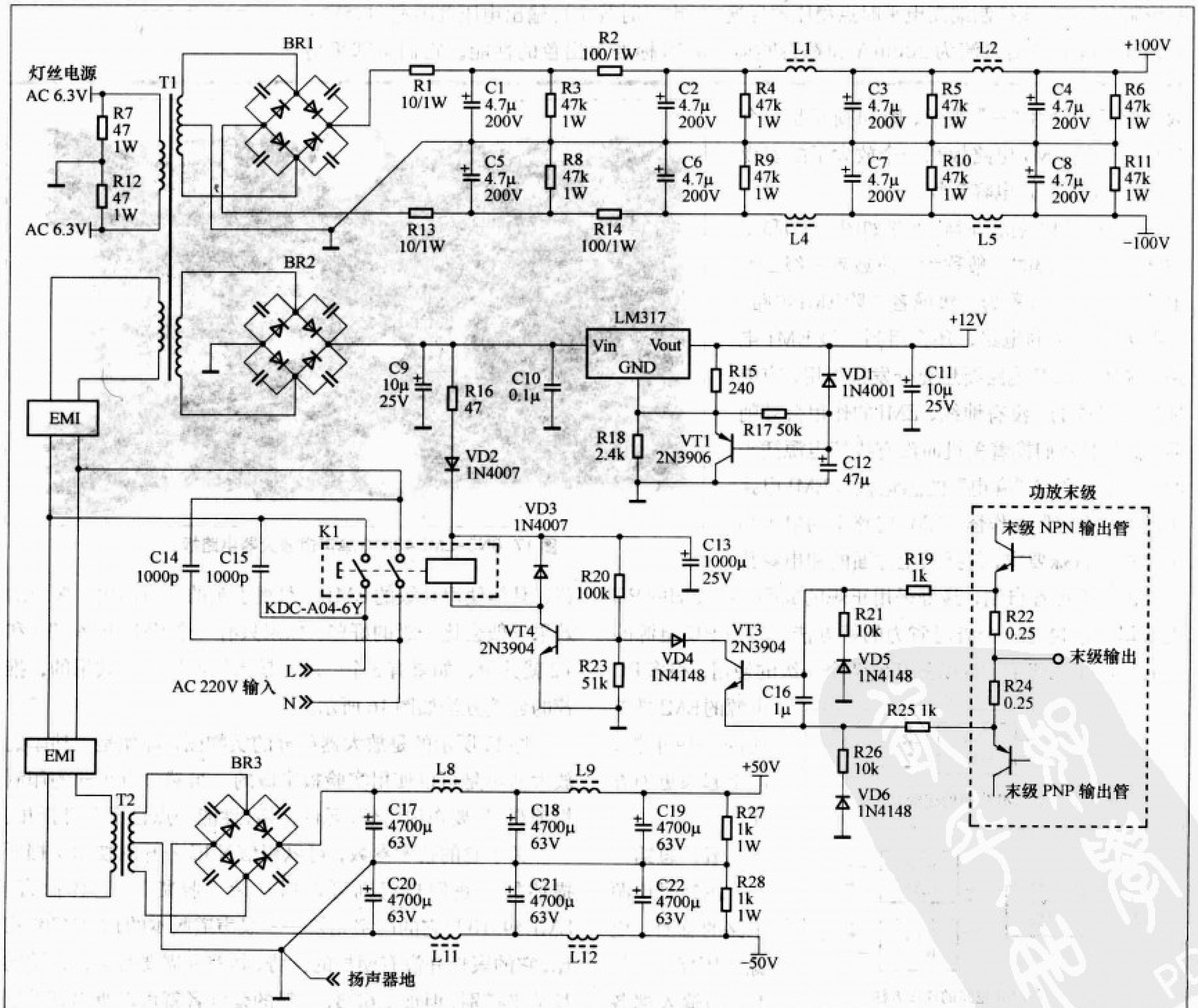


图15 电源电路总图

资料

东芝点稳压集成电路一览

文/汤志成

点稳压器（Point Regrlator）是一种低压差（LDR——Low Dropout Regulator）稳压集成电路，它们是超小型的贴片类的稳压集成电路，不仅稳压性能优良，而且具有过热和过流保护功能，广泛应用于手机、PDA等使用电池的便携类消费电子产品中。世界著名的半导体器件厂家均有这样的产品。

本文介绍的只是日本东芝公司生产的通用型单输出TCR5SB15～TCR5SB50系列点稳压集成电路。该系列点稳压电路具有低电压降、小静态电流、输出电压中的噪声电压极小、通断控制（输出电压控制端高电平时点稳压器导通、低电平时截止）、输出电压范围宽（1.5V～5.0V）、最大输出电流为200mA和符合欧盟RoHS标准等出色的性能。它们全部采用

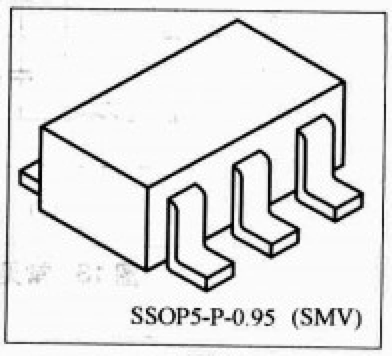


图1

数的前面一般用“～”表示。图14所示是一个常见的一级EMI电路板和一个放大了的安规（符合安全规范）电容实物。

一般常用的标准EMI电路如图13(2)和图13(3)所示，图13(2)一般称为一阶或者一级EMI电路，图13(3)被称为二级或者二阶EMI电路，一些要求严格的电路，还会用到三级EMI电路。这样的EMI电路要想充分发挥作用，市电地线是必须的，没有地线，EMI的作用会被削弱，有时候我们摸着关机而没有拔掉电源插头的PC外壳会有“麻电”的感觉就是EMI电路中的“X电容”在作怪。EMI电路中的电容和电感都有特殊要求，包括安全方面的和电参数方面的，不推荐自制，最好采用正规的成品，从废旧的PC电源里获取也是一个省时省力的好方法。一般PC电源的EMI电路是二级的，可以分开做两个一级的使用。很多PC电源的EMI是单独的一块小板，应用起来更加方便。

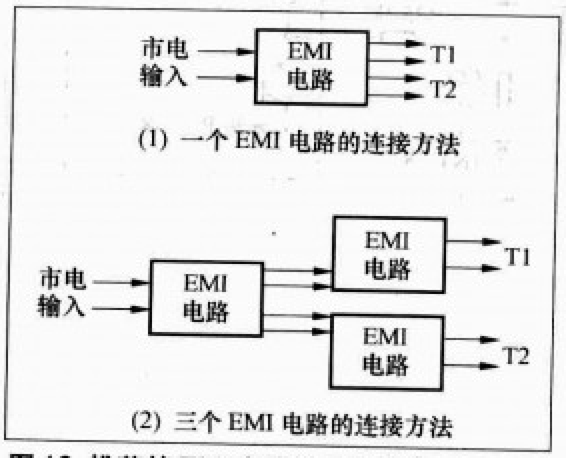


图16 推荐的EMI电路单元的其他连接方法

五、总结

图15是电源电路的总图，电源变压器T1和T2的输入端各有一个EMI电路，具体使用几级的EMI电路视手头的材料而定，多级的效果一般会比一级的好些。如果只有一个EMI电路，T1和T2就共用，如果有3个，就在输入端配置一个共用的，推荐的连接方法如图16所示。

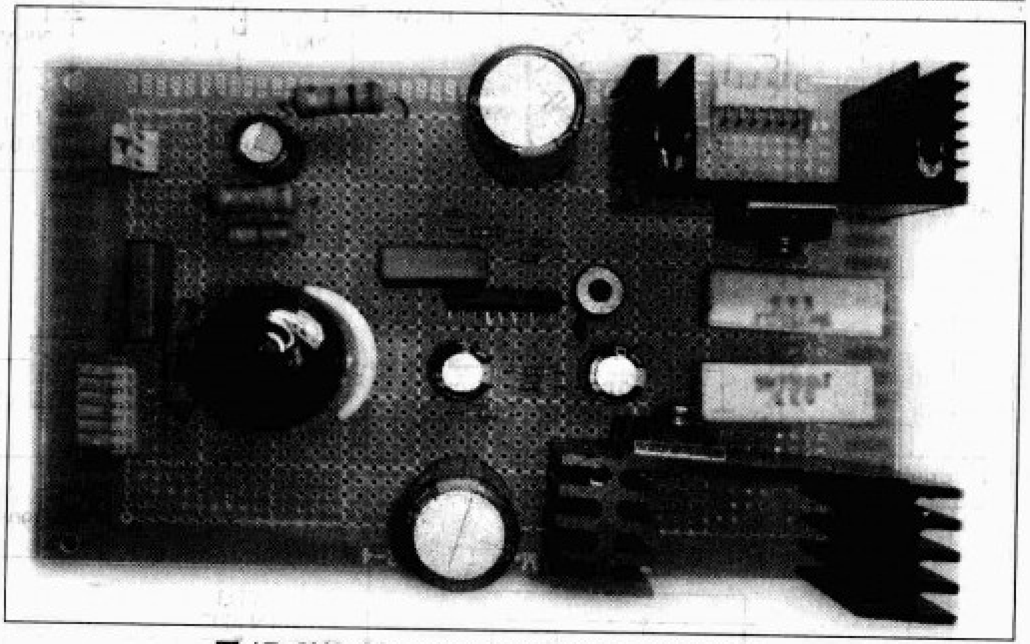


图17 6N3+LME49810单声道放大器电路板

图17所示的是放大器部分的实物图，即使是大功率的放大器也是可以使用实验板来做的，虽然没有正式的印制板美观，只要布线合理，元件合格，性能一点也不会打折扣。

关于它的技术参数，可以相信NSC公开的技术文档所描述的，我们自己则可以用耳朵“收货”。总体而言，LME49810与它的同宗兄弟——双声道版本的LME4702相比，它的表现并没有明显的优势，其差别需要有丰富经验的耳朵来辨别，但加上6N3，一般的爱好者就可以听出其差别来了。

了SOT235（SC−74A）封装结构，其外接输入和输出电容均可以使用普通的小型陶瓷电容。它们的外形结构如图1和图2所示，图2中表面上的字符“3E0”为该点稳压器的标记，其实际型号则是“TCR5SB30”。这些标记和具体型号对照，请查阅后面的稳压输出明细表。它们的各引脚排列和功能如图3所示，1脚电压输入、2脚地、3脚输出电压控制、4脚空、5脚稳压输出。下面分5个部分详细介绍它们的技术参数。

1.极限工作参数（T_a=25℃）

名称	符号	极限值	单位
输入电压	V_{IN}	6	V
控制电压	V_{CT}	−0.3~6	V
输出电流	I_{OUT}	200	mA
功耗（无散热片）	P_{D1}	200	mW
功耗（安装了30mm×30mm散热片）	P_{D2}	380	mW
工作温度	T_{opr}	−40~85	℃
结温	T_j	150	℃
存储温度	T_{stg}	−55~150	℃

2.正常工作参数：

说明：下表中各点稳压器的输入电压 V_{IN}= 各自的稳压输出电压 V_{OUT} +1V、输出电流 I_{OUT}=50mA、C_{IN}=0.1μF、C_{OUT}=1.0μF、T_J=25℃。

名称	符号	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
线性调节	R_{eg}−line	V_{OUT}+0.5V ≤ V_{IN} ≤ 6V、I_{OUT}=1mA		—	3	15	mV
负载调节	R_{eg}−load	1mA ≤ I_{OUT}= ≤ 150mA		—	25	75	mV
静态电流	I_B	I_{OUT}=0mA		—	40	75	μA
待机电流	$I_{B(OFF)}$	V_{CT}=0V		—	0.1	1.0	μA
输出噪声电压	V_{NO}	V_{IN}=V_{OUT}+1V I_{OUT}=10mA 10Hz ≤ f ≤ 100kHz、 T_a=25℃	TCR5SB15~TCR5SB20	—	25	—	μV_{rms}
			TCR5SB21~TCR5SB30	—	30	—	
			TCR5SB31~TCR5SB36	—	35	—	
			TCR5SB37~TCR5SB50	—	40	—	
温度系数	T_{CVO}	−40℃ ≤ T_{opr} ≤ 85℃		—	100	—	PPM/℃
输入电压	V_{IN}	—	TCR5SB15~TCR5SB16	V_{OUT}+0.33V	—	6.0	V
			TCR5SB17~TCR5SB18	V_{OUT}+0.31V	—	6.0	
			TCR5SB19~TCR5SB23	V_{OUT}+0.25V	—	6.0	
			TCR5SB24~TCR5SB27	V_{OUT}+0.20V	—	6.0	
			TCR5SB28~TCR5SB50	V_{OUT}+0.19V	—	6.0	
纹波抑制比	R.R.	V_{IN}=V_{OUT}+1V、 I_{OUT}=10mA、f=1kHz V_{Ripple}=500mV_{P-P}、 T_a=25℃		—	80	—	dB
控制电压(通)	$V_{CT(ON)}$	—		1.5	—	6.0	V
控制电压(断)	$V_{CT(OFF)}$	—		0	—	0.25	V
控制电流(通)	$I_{CT(ON)}$	V_{CT}=6V		—	—	0.1	μA
控制电流(断)	$I_{CT(OFF)}$	V_{CT}=0.25V		—	—	0.1	μA

注：稳压输出 V_{OUT} 详见稳压输出明细表，输出电压降 V_{IN}−V_{OUT} 详见输出电压降。

3.稳压输出明细表

说明：下表中各点稳压器的输入电压 V_{IN}= 各自的稳压输出 V_{OUT}+1V、输出电流 I_{OUT}=50mA、C_{IN}=0.1μF、C_{OUT}=1.0μF、T_J=25℃）

IC上标记	型号	稳压输出（V）			IC上标记	型号	稳压输出（V）			IC上标记	型号	稳压输出（V）		
		最小	典型	最大			最小	典型	最大			最小	典型	最大
1E5	TCR5SB15	1.47	1.5	1.53	2E7	TCR5SB27	2.64	2.7	2.76	3E9	TCR5SB39	3.82	3.9	3.98
1E6	TCR5SB16	1.56	1.6	1.64	2E8	TCR5SB28	2.74	2.8	2.86	4E0	TCR5SB40	3.92	4.0	4.08
1E7	TCR5SB17	1.66	1.7	1.74	2E9	TCR5SB29	2.84	2.9	2.96	4E1	TCR5SB41	4.01	4.1	4.19
1E8	TCR5SB18	1.76	1.8	1.84	3E0	TCR5SB30	2.94	3.0	3.06	4E2	TCR5SB42	4.11	4.2	4.29
1E9	TCR5SB19	1.86	1.9	1.94	3E1	TCR5SB31	3.03	3.1	3.17	4E3	TCR5SB43	4.21	4.3	4.39
2E0	TCR5SB20	1.96	2.0	2.04	3E2	TCR5SB32	3.13	3.2	3.27	4E4	TCR5SB44	4.31	4.4	4.49
2E1	TCR5SB21	2.05	2.1	2.15	3E3	TCR5SB33	3.23	3.3	3.37	4E5	TCR5SB45	4.41	4.5	4.59
2E2	TCR5SB22	2.15	2.2	2.25	3E4	TCR5SB34	3.33	3.4	3.47	4E6	TCR5SB46	4.50	4.6	4.70
2E3	TCR5SB23	2.25	2.3	2.35	3E5	TCR5SB35	3.43	3.5	3.57	4E7	TCR5SB47	4.60	4.7	4.80
2E4	TCR5SB24	2.35	2.4	2.45	3E6	TCR5SB36	3.52	3.6	3.68	4E8	TCR5SB48	4.70	4.8	4.90
2E5	TCR5SB25	2.45	2.5	2.55	3E7	TCR5SB37	3.62	3.7	3.78	4E9	TCR5SB49	4.80	4.9	5.00
2E6	TCR5SB26	2.54	2.6	2.66	3E8	TCR5SB38	3.72	3.8	3.88	5E0	TCR5SB50	4.90	5.0	5.10

4.输出电压降

I_{OUT}=50mA、C_{IN}=0.1μF、C_{OUT}=1.0μF、T_J=25℃

型号	典型	最大	单位
TCR5SB15~TCR5SB16	150	330	mV
TCR5SB17~TCR5SB18	130	310	mV
TCR5SB19~TCR5SB23	110	250	mV
TCR5SB24~TCR5SB27	90	200	mV
TCR5SB28~TCR5SB50	85	190	mV

5.推荐应用电路

应用电路如图4所示，如果不使用控制端（3脚），东芝公司建议把此引脚与电压输入端（1脚）V_{IN} 相连。

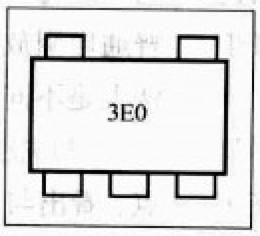


图2

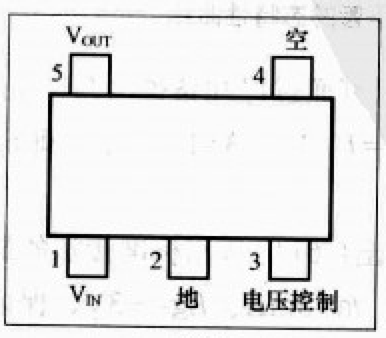


图3

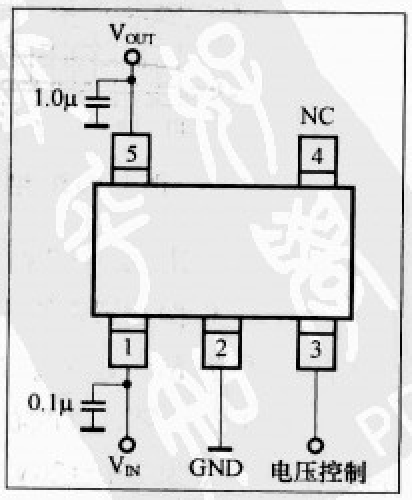
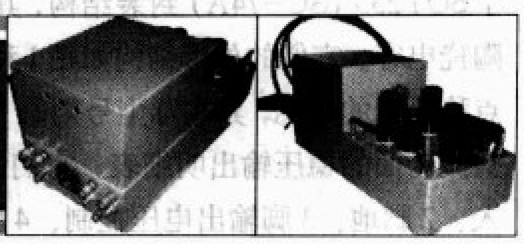


图4

自制6J8P+6V6GT单端甲类胆机



文/汪文军 安石

一、6V6GT单端甲类胆机的设计原理

1.前级放大与推动

前级放大与推动采用国产管6J8P（属于中高频电压放大五极管，欧美型号为5693、1514、EF6、苏联型号为6ж8C），该管以音乐味浓郁而著称，曾被多种世界名机所采用。为了充分利用6J8P的放大特性（见图1），我做了如下的设计和计算。

（1）为了满足6J8P第二栅压 *E*g2=100V，特意在6J8P的第二栅压 *E*g2 上使用分压电阻51kΩ、33kΩ，根据 $U2=U \times R2/(R1+R2)$ 公式得出：33kΩ分压电阻上的电压 $U2=200 \times 33/(51+33) \approx 78$（V），再经过电容滤波，电压可稳定在100V左右。有名气的胆机则会去掉C3、R2，采用稳压电子管WY3P进行直接稳压，这样效果会更好些。

（2）设电源电压为200V，根据6J8P的静态特性曲线（见图1）；确定阳流为6mA，则负载电阻 $Ra=V/I=200/6 \approx 33$（kΩ）。以(200，0)、(0，6）两点画一条直线(M、N)，即为该管的动态特性曲线，在(M、N)线段a、b两点确定中心点Q，那么相对应的第一栅极电压 *E*g=−3V、阳极电流 *I*a=3mA、阳极电压 *U*a=120V。

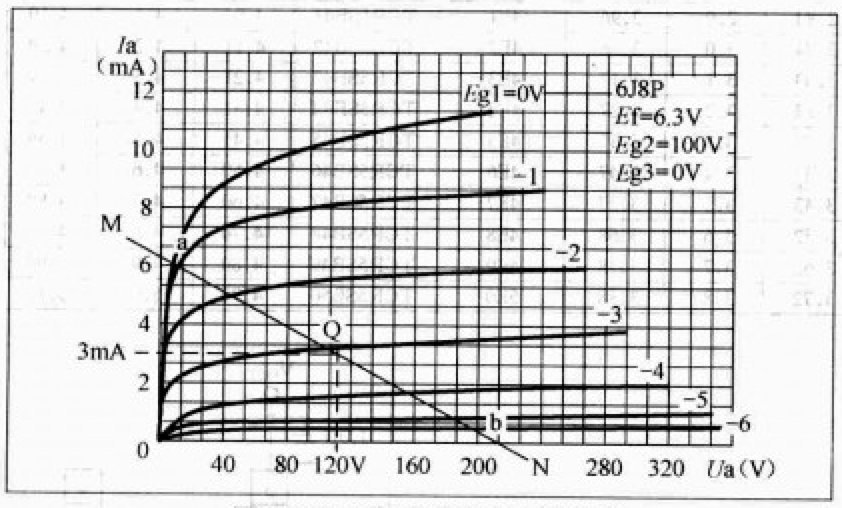


图1 6J8P电子管静态特性曲线

（3）为了让 *E*g=−3V，可通过已知条件（*I*a=3mA、*E*g=−3V），根据欧姆定律 $R=U/I=3/3=1$（kΩ），即6J8P的阴极电阻为 *R*k=1kΩ。

通过上述计算，可以看出：6J8P采用标准接法的最佳静态工作点Q为 *U*a=120V、*I*a=3mA、*E*g=−3V，保证了“Q”点处在甲类放大状态下，从而在理论上先进行Hi−Fi放大。同时，可以看出动态特性曲线上“Q”点的电压变化在0.5V～1V（指输入音频信号电压，笔者采用的音源是能自动播放的CD机，输出信号电压多在1V左右），输出交流信号电压（指横坐标 *U*a）就可达到50V左右，输出交流信号电流（指纵坐标 *I*a）同样可达到3mA左右，这样推动6V6GT做功率放大绰绰有余。

2.后级功率放大

为了充分发挥6V6GT（国产管6P6P）功率放大管的潜能，采用无负反馈单端甲类输出电路。根据6V6GT(6P6P)三极管接法的静态特性曲线（见图2）和已知的电源电压200V及输出变压器初级端的交流阻抗5.5kΩ，用简单的计算方法来具体说明。

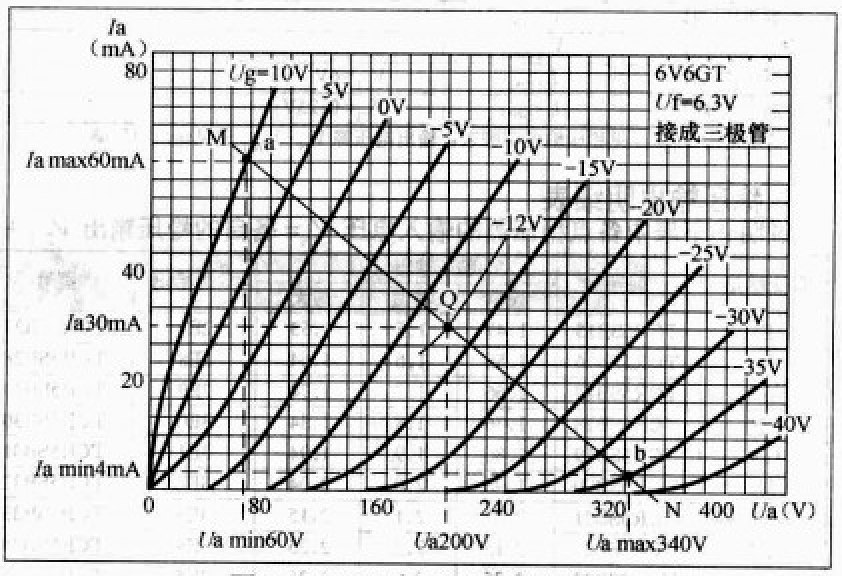


图2 6V6GT电子管静特性曲线

（1）在6V6GT(6P6P）的静态特性曲线上确定Q点（甲类状态 *I*a=30mA、*U*a=200V），根据输出变压器初级的交流阻抗5.5kΩ，设定 *U*amax=340V，*I*amax=60mA，这样负载交流阻抗 $Ra=340/0.06=5666\Omega \approx 5.7k\Omega$，基本满足输出变压器初级的交流阻抗5.5kΩ的条件。

（2）经过Q点做一斜线（0，60）、（340，0），即为6V6GT的动态特性曲线。注意：变压器耦合功率放大器与阳极接普通电阻放大器的交流负载线或动态特性曲线，在具体做法上是不同的。

（3）根据这一条斜线（M、N）上的a、b段的中心“Q”点，看出与其相应的栅偏压为 *E*g=−12V，通过上述同样的方法可以算出，6V6GT的阴极电阻 *R*k=400Ω。

（4）根据6V6GT(6P6P)的动态特性曲线（M、N斜线），同样可以看出输入交流信号电压30V时，输出的交流信号电压可以达到260V，交流电流可以达到30mA。

（5）测算最大理论输出功率：$P1=1/2\{(Uamax-Uamin)/2\}\{(Iamax-Iamin)/2\}=1/2\{(340-60)/2)\}\{(0.06-0.004)/2\}=1.96\,(W)\approx 2W$。

阳极电源所供给的功率：$Po=Ua\times Iao=200\times 0.028=5.6\,(W)$，放大器的阳极效率：$\eta a=Pl/Po=2/5.6\times 100\%\approx 35.6\%$。

综上所述，得出整机电路(见图3)以及各点电位数据。

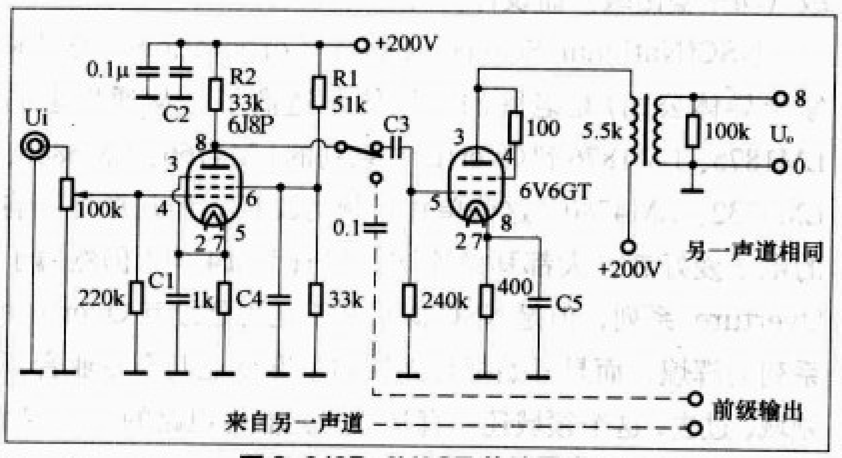


图3 6J8P+6V6GT单端甲类

3.电源部分

根据单端甲类功放的工作特性，以及对电源技术要求较高等特点，笔者采用了某军用通信机上的拆机品，两组灯丝电压为6.3V/2A。一组接6Z5P，另一组直接为6J8P和6V6GT的灯丝供电。高压200V/50mA经6Z5P做高压整流，采用CLC Π形滤波电路，这种做法可以满足高压延时供电，有效防止高压冲击电子管，在提高电子管使用寿命的同时，又能使声音的表现为厚实稳定而具有活力，胆味浓郁而动力充沛（见图4）。

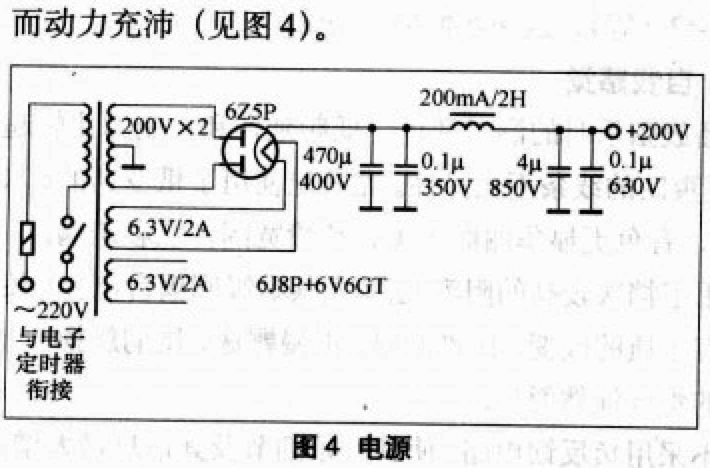


图4 电源

二、元器件的选配与制作

1.输出变压器

输出变压器是从福建三明市精诚电器公司邮购而来，采用15W左右12V输出的电源变压器，初级220V的一端设为输出变压器的初级端（5kΩ），12V的这一端设为输出变压器的次级端（0Ω～8Ω），输入端阻抗为5.5kΩ，输出端阻抗为8Ω，功率为10W。

2.电源滤波组件

在不同的地方分别采用国产的4μF/850V、0.1μF/630V油浸电容，德国的FRAKO 470μF/400V电解电容且与扼流圈（200mA/2H）组成Π形滤波电路。实践证明这样做，滤波效果特别好，突出的感觉是背景宁静无比。C1、C5采用瑞典的RIFA 680μF/16V，C2作为前级滤波，特意采用FRAKO 150μF/385V电容。连接导线采用了导电性能比较好的“银包铜”多股铜线。

3.功放组件

（1）机座采用1mm厚的钢板冲压制作（见图5），并刷防锈漆，喷灰色金属漆，烤干即可。

（2）安装机座上所有的插接件及音量电位器。

（3）安装变压器和电容器，并且设置地线。

（4）选择较好的4芯铜线绞合成一股(实践证明这样做，交流干扰声特别小)作为前级交流灯丝的连接线，且紧贴于底板走线。开机首先检验各灯丝电压是否正确。

（5）使用单芯镀银屏蔽线和卡达时RCA镀金插座，焊接信号线和音量电位器，且紧贴底板边缘走线。

（6）合理选择布置电阻和电容的安放位置。

（7）最后连接高压电路，通电测量各管阴极和阳极是否符合电路图中所给定的参考数据。如果差距太大，就应检查其他电路。

值得一提的是：电路图中采用极为简单的电容耦合方式，因为C3起着承前启后的作用，笔者使用了较为优质的0.1μF/1000V“维他命”银膜电容（二手产品）。阴极电阻采用美国的DALE高精度无感轴向引脚发烧电阻，其他电阻选用国产军用“大红炮”即可。旁路电容均采用瑞典的

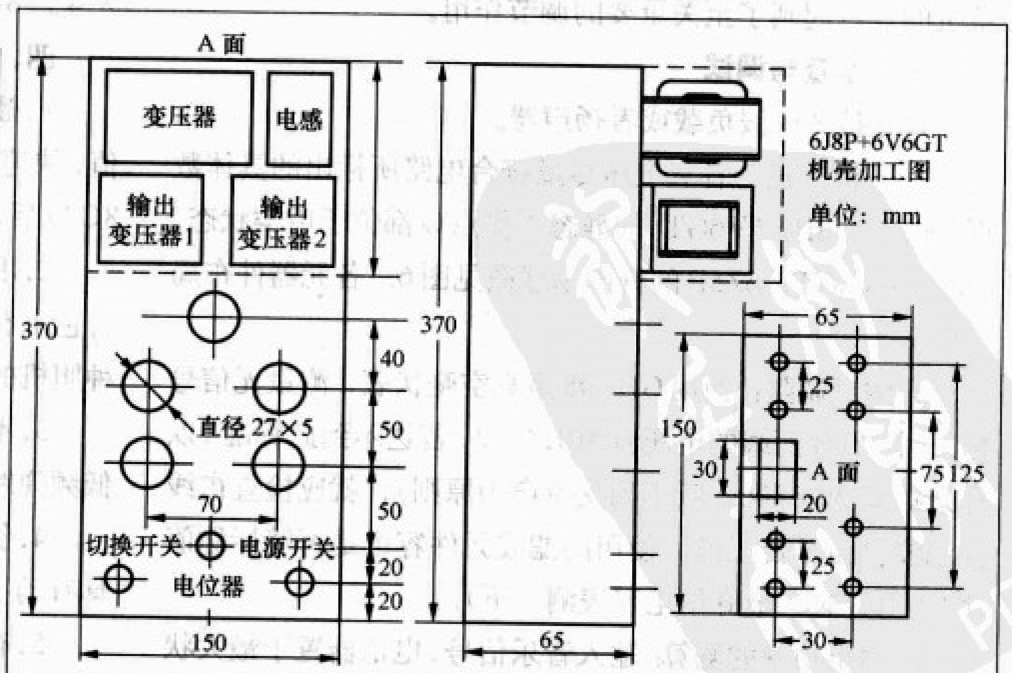


图5 机壳加工图

新型音频大功率放大器驱动级集成电路 LME49811/LME49830

文 / 吴红奎

在过去很长一段时间里，高端的模拟大功率音频功率放大器集成电路市场都处于相对平淡的状态，亮点难得一见，直到2005年的年末，NSC公司推出了双声道音频功放驱动集成电路LM4702C，这个市场又似乎开始活跃起来。事隔不到两年，2007年的年初，人们对LM4702C的新鲜感还没有完全消退，国内发烧界也才刚刚开始追捧，NSC又紧接着推出了单声道驱动集成电路LME49810，业内人士纷纷揣测它应该是LM4702C的升级版，到年末岁初，LME49811和LME49830上市了，谜底才终于揭开，最新推出的LME49811才是LM4702C的升级版，而LME49810是一个全新的系列，最新上市的LME49830可以看作是LME49810的姊妹版本，专门为VMOS（功率场效应管）末级（功率输出级）而设计。

NSC(National Semiconductor Corporation，美国国家半导体公司)是老牌的半导体制造商了，从通用型的LM1875、LM1876到Overture 系列的LM4766、LM3886、LM4732、LM4780，这些单片音频功放IC，但凡喜好音响的电子爱好者，大都耳熟能详。尽管LM4702仍然属于Overture 系列，但是NSC似乎并不是想延续其Overture 系列的辉煌，而是开始把目光转向了准专业乃至专业音频领域，过去，这个领域还一直是分立元器件电路的天下。因此从LME49810开始，型号前缀开始采用“LME” 并注册

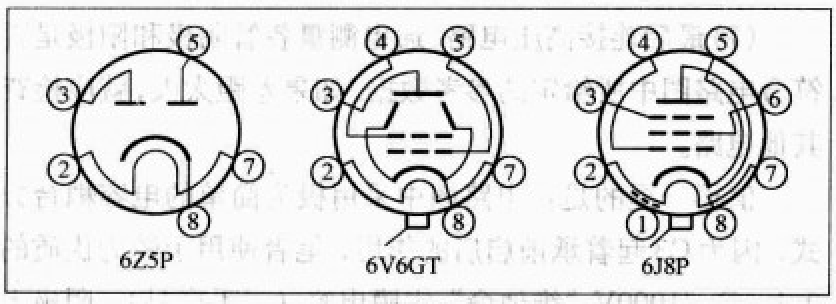


图6 电子管管脚示意图

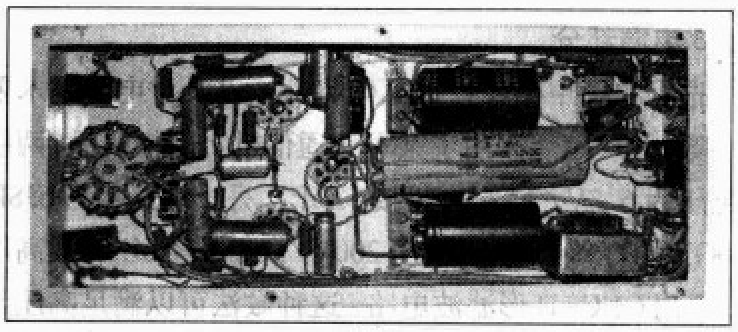


图7

RIFA电容（这一点非常重要，往往被人们所忽视），这对整机的音色起到了至关重要的调节作用。

三、检查与调试

1.连接8Ω假负载或者扬声器。

2.开机测量：各点电压尽量符合电路所标出的具体数据，使其6J8P、6V6GT 的静态工作点Q都位于甲类状态。6J8P、6V6GT、6Z5P的管脚示意图见图6。各元器件布局见图7。

3.测试调整：使用GB-98型真空毫伏表，测量无信号输入时，负载两端的电压应为0.4mV，若达不到此标准（以耳朵距离音箱30cm听不到交流声为原则），就应检查布线及滤波电路是否正确，使用的滤波元件容量是否够标称值（购买电容时，最好用电容表测一下）。

4.输出功率的测算：输入音乐信号，电位器置于最大状态，使用GB-9型电子管电压表测负载（8Ω）两端电压为4V，其额定输出功率，根据$P=I\times U$，得$P=U\times U/R=4\times 4/8=2$（W），这一参数接近理论值。

四、自我感觉

1.播放弦乐时的润滑音色、低频延伸和控制力比较超值，快速爽朗的线条不失弹性。尤其是使用了俄罗斯的6Ж8C以后，音色更显华丽而优美，意境宽阔，色彩斑斓。

2.用了档次较高的阻容元件(尤其是级间耦合电容)，使音色上有了质的改变，典雅温厚，浪漫飘逸，尾韵悠扬，一种胆机的贵气油然而生。

3.不采用负反馈电路，使其音乐细节及其信息量大增，低频弹跳力强，轻松而自然，甜美而丰润。

4.价廉物美，性价比高，电路简单，容易制作，很适合具有动手能力的同行们操作。

5.有兴趣者还可以加一个前级输出、切换电路（见图3的虚线部分），使它成为一个两用机，玩起来比较方便。

了商标，以彰显与其他产品的市场定位不同，并且也不再属于Overture 系列，并未与LM4702C同步上市的LM4702A和LM4702B，也许会在正式上市的时候改用LME前缀。为了体现系统级的解决方案，NSC还同时推出了面向高端音频应用的运算放大器，与LM4702C同期推出的是LM4562，与LME49810同期推出的运放有LME49720、LME49860，至于在LME49811、LME49830之后会有什么高端运放推出，我们拭目以待。

面对这些器件有些“炫目”的技术指标，我们甚至会怀疑：我们真的需要这么高么？从技术文档中很难发现上述4款驱动级IC之间有什么本质的不同，从技术指标来看，噪声、THD+N、PSRR、驱动能力等指标可谓是芝麻开花节节高，而自身功耗却并没有明显升高，看来NSC公司自主开发并已获得专利的VIP3硅集成工艺技术也在不断进步。不过最早推出的LM4702C就已经够高了，为了便于比较，将它们的主要性能特点列于附表。

从采用前缀“LME”开始，驱动级IC的封装外形也似乎确定了下来：TO−247 15−L与最早推出的LM4702C所采用的TO−220 15−L明显不同，TO−247 15−L更薄更小，散热片不再突出于塑料封装的上部而是嵌入其中，这一点倒是与TO−247标准封装类似，15个引脚也并不是均匀排列，高压电源和推动输出引脚的间距要比其他引脚宽一些，有点像高压电源IC所用的增加“爬电”距离的意思。图1是LME49811、LME49830的外形尺寸图，从外形上看，二者也没有什么区别，只是引脚定义有所不同，图2显示了二者的引脚定义。

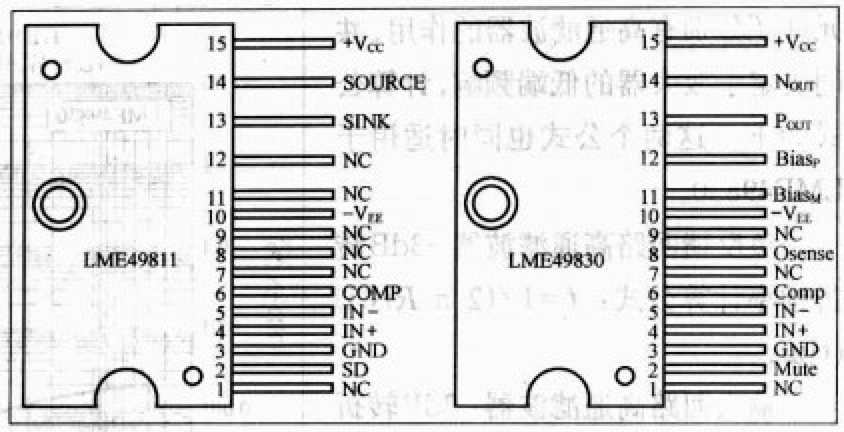


图2 LME49811、LME49830的引脚定义

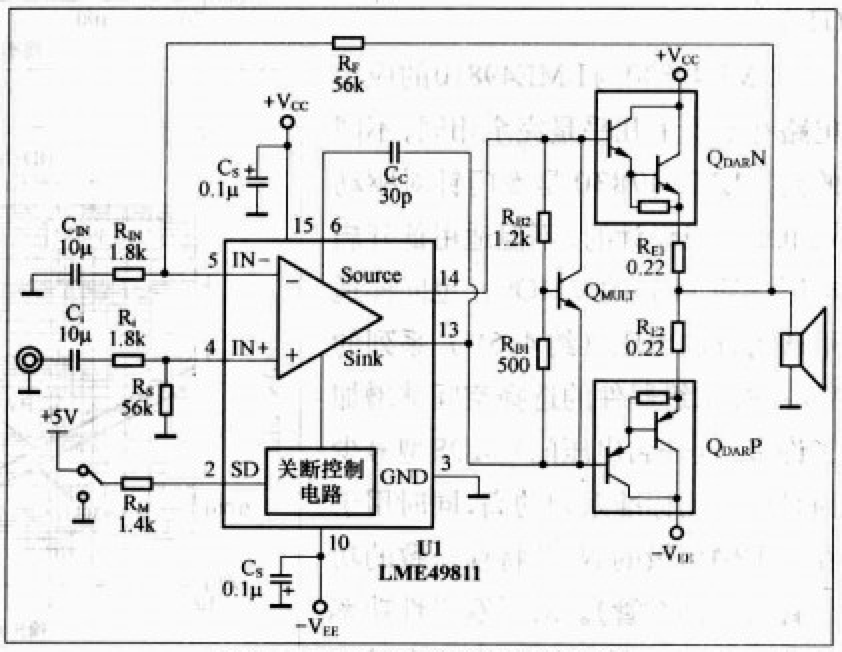


图3 LME49811的典型应用电路

LME49811与LM4702、LME47810一样，主要是与双极性功率晶体管末级相搭配的，可以采用达林顿或用中功率管和大功率管组成复合管。因为同是单声道驱动级IC，LME49811典型应用电路与LME49810非常相似，如图3所示。从图3可以看出这是一个典型的采用双电源供电的OCL功率放大器电路，只是驱动级被集成了。电路的电压增益由负反馈回路中的电阻决定，计算公式为：$AV = R_F / R_i$ (V/V)，不过最低增益有限制，不能低于26dB，以V/V计，不能低于28V/V，否则，放大器的性能就会大打折扣，还有可能引起放大器不稳定，如自激等。反馈回路和输入回路的阻容

附表 NSC推出的4种驱动级IC的主要技术性能对比（f=1kHz，有特别说明者除外）

项目与型号	LME49830	LME49810	LME49811	LM4702C
工作电压范围（V）	±20~±100	±20~±100	±20~±100V	±20~±75
输出电压噪声（B_W=30kHz）	44μV	50μV	100μV	150μV
PSRR（dB）	105	110	115	110
转换速率SR（V/μs）	39	50	16	15
THD+N	0.0006%	0.0007%	0.00055%	0.001%
输出驱动电流（mA）	56	60	9	5.5
开环增益AVOL（dB）	88	88	93	93
输出电压摆幅（THD=0.05%）	68VRMS	67.5VRMS	33VRMS	51VRMS
负向静态工作电流I_{EE}（mA）	−21	−13	−16	
工作温度范围（℃）	−40~+85	−40~+85	−40~+85	−20~+75
静音控制端子	✓	✓	✓	✓
适用末级功率器件	功率场效应管	双极性晶体管	双极性晶体管	双极性晶体管
驱动通道数量	1	1	1	2
封装形式	TO−247 15−L	TO−247 15−L	TO−247 15−L	TO−220 15−L

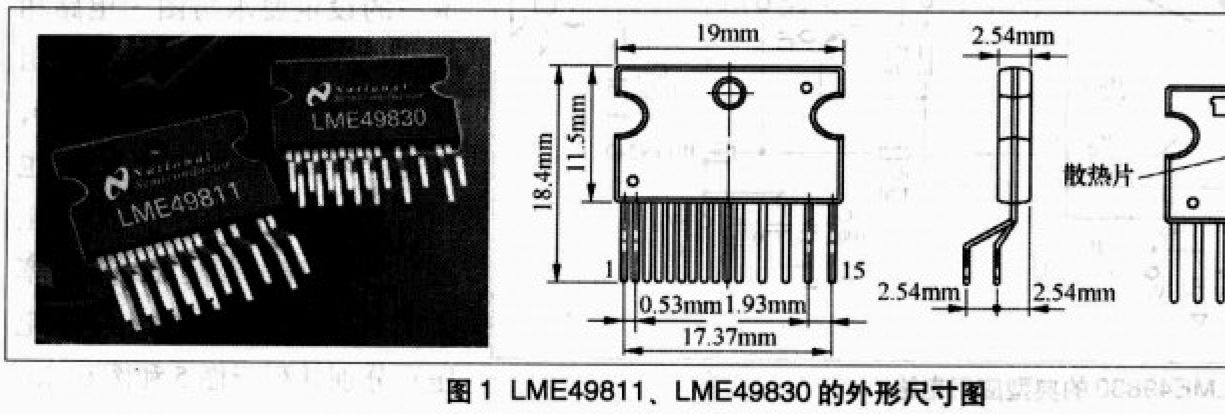


图1 LME49811、LME49830的外形尺寸图

元件还分别有高通滤波器的作用，共同决定了放大器的低端频响，计算公式如下。这两个公式也同时适用于LME49830。

负反馈回路高通滤波器−3dB转折频率计算公式：$f_i=1/(2\pi RiCi)$ (Hz)；

输入回路高通滤波器−3dB转折频率计算公式：$f_{IN}=1/(2\pi R_{in}C_{in})$ (Hz)。

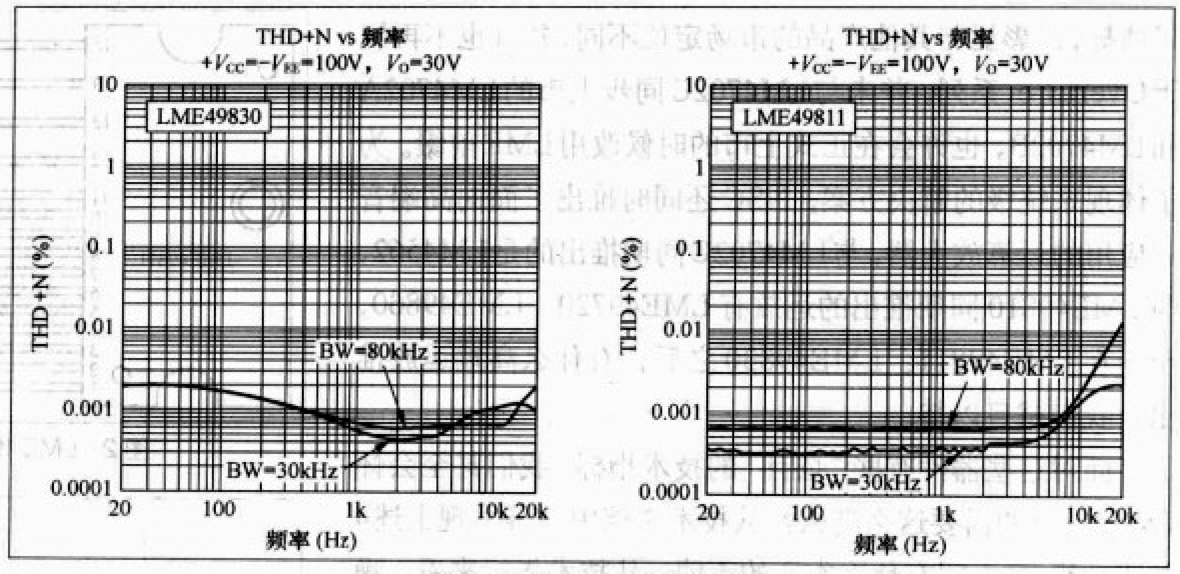


图5 THD+N—频率曲线

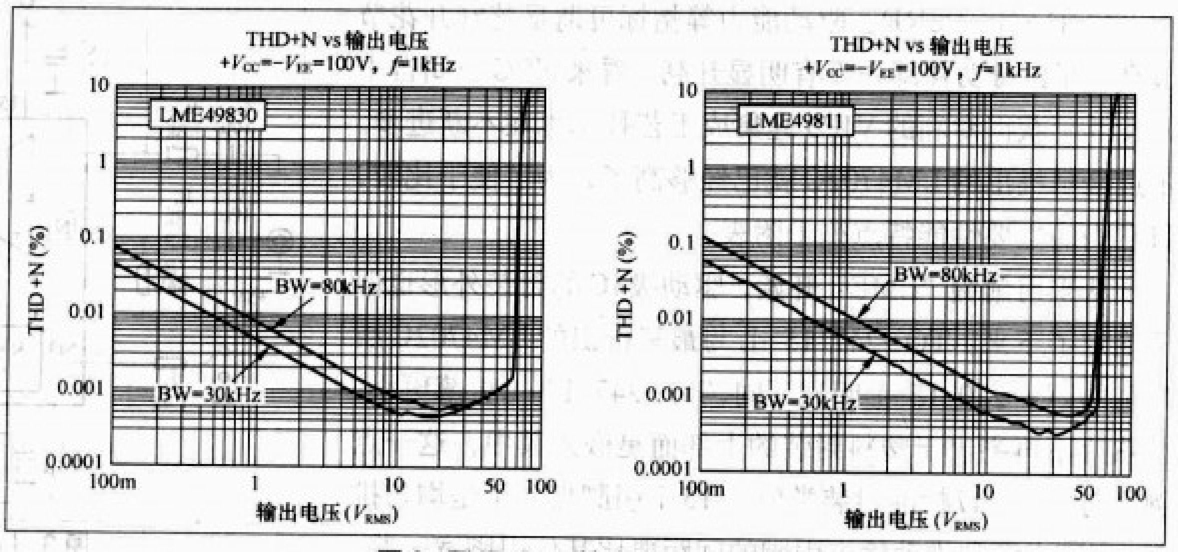


图6 THD+N—输出驱动电压曲线

LME49830与LME49810的应用电路在形式上几乎是完全相同，不同的是，LME49830是专门针对驱动VMOS末级设计的，不但适用低开启电压（约2V）的VMOS，也同样适用通用开启电压（约4.5V）系列的VMOS，末级器件的选择空间就增加了许多。低开启电压的VMOS型号少而且价格比标准系列的高，同时用于互补型输出级的N/P特性一致的功率管（俗称对管）。对于双极性功率晶体管来说，目前相对比较容易实现，而VMOS，首先互补型号就不太多，其次互补型号之间的部分参数差别也比双极性功率晶体管大得多，因此配对的难度也就大得多。我们熟悉的音响对管中，双极性功率晶体管的型号比较多，VMOS就比较少。图4所示的是LME49830的典型应用电路，末级VMOS就选用了相对比较常见的工业上通用的型号，IR（整流器公司）公司的IRFP240（200V、20A、150W）和IRFP9240，TO247封装，括号中是主要参数，与之类似的还有IRF640（200V、18A、125W）和IRF9640（200V、11A、125W），TO−220封装，也就是说，P沟道的VMOS，饱和压降（导通电阻）相对要大一些。

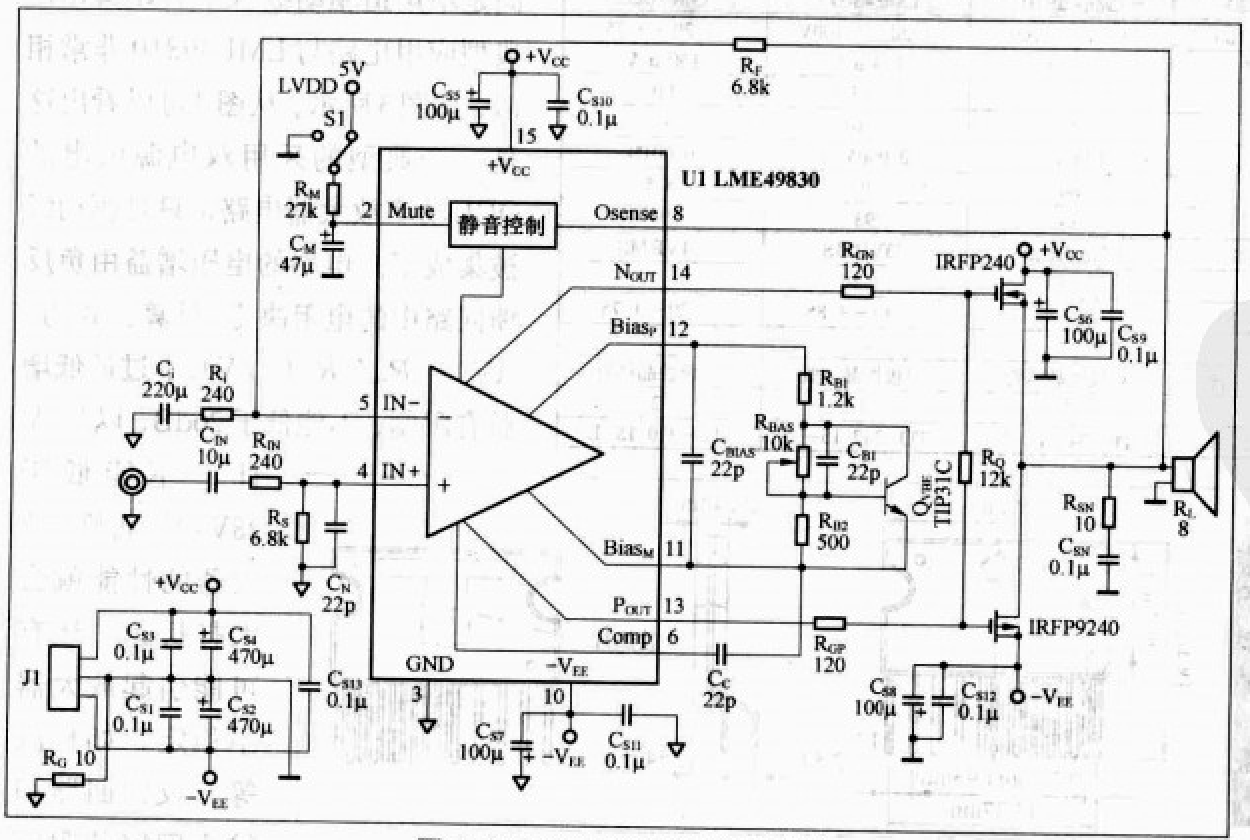
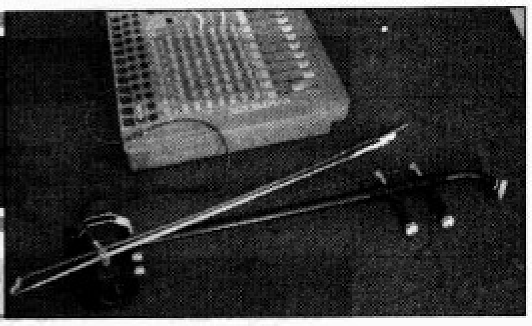


图4 LME49830的典型应用电路

图4电路的电压增益计算公式为：$AV=1+R_F/R_i$ (V/V)，增益的设定要求与图3电路相同。由反馈回路和输入回路的阻容元件分别组成的高通滤波器，其转折频率的计算方法与图3也相同。为了有所比较，将图3电路和图4电路的频响曲线和功率曲线（THD+N—输出驱动电压）分别并列于图5和图6。

自制电子二胡



文 / 陈文启

电子二胡以其音质优美、音色独特、容易和音频设备连接便于进行放大而著称，但传统的制作比较麻烦，尤其是内部电路密集复杂更令人感到神秘，下面介绍一种非常简单的方法，可把普通二胡做成电子二胡。

图1中RP1为音量电位器，RP2为高低音调节电位器，所有电阻均为10kΩ（1/4W），两个电解电容为10μF/50V。本电路采用9V叠层电池供电，压电陶瓷的直径不小于2cm，可用废旧电话中的振铃器或音箱、录音机中的高音片来替代。

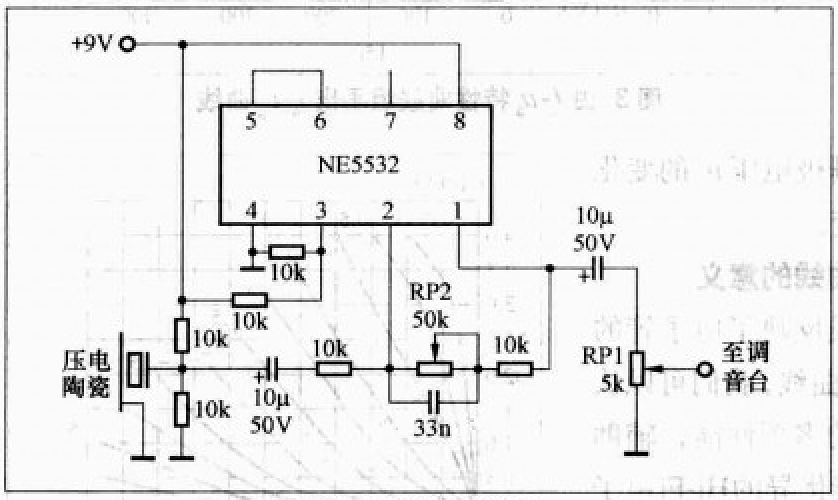


图1 音频放大电路

集成电路NE5532为高速低噪声双运算放大器，图2所示的是它的内部方框图，第3、5脚为正相输入端，当采用双电源供电时可接地，采用单电源供电时须给一个中点固定电位，第2、6脚为反相输入端。当改变1、2脚间的负反馈电阻时，可调整A通道的放大倍数，也可以按照图1所示的方法用阻容形式改变高低音。因为电子二胡用单声道输出，故将5、6脚短接，使B通道彻底静态，保证了最小的工作电流。经试验，一节9V叠层电池可使用30小时以上。

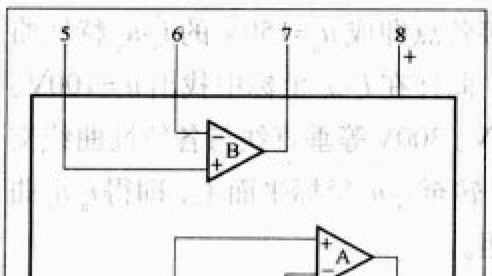


图2 NE5532内电路

拾音器(压电陶瓷)，对固体传播过来的声波振动很敏感。对气体的声波振动不敏感，利用这一特性，可消除演出现场空气传播的杂音，也避免了由于自激而产生的啸叫，使拾音后的乐器声音更纯净。电信号送入NE5532进行放大后接入调音台。

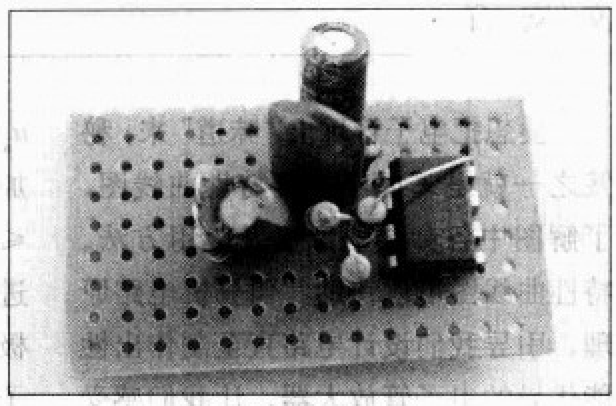


图3 焊接好的正面

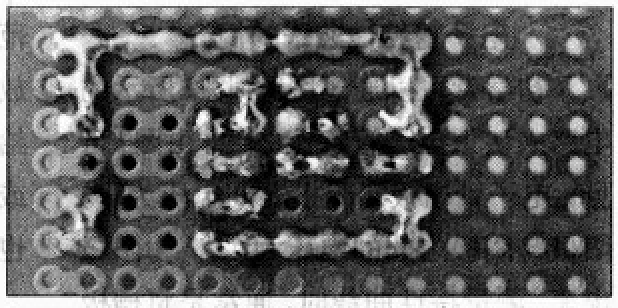


图4 焊接好的背面

由于电路所需元器件不多，没必要设计制作电路板，所以我是在试验板上直接焊接，焊接的正面如图3所示，背面如图4所示。

电子二胡和普通二胡外形一样，见图5，只是将蟒皮用梧桐木板（3mm厚）代替，压电陶瓷片用502或101胶水粘在梧桐木板背面。经试验也可将此电路安装到板胡、京胡、扬琴上，但不能安装在大提琴、小提琴上，因为琴弦的振动方向和面板水平，装此电路效果较差。

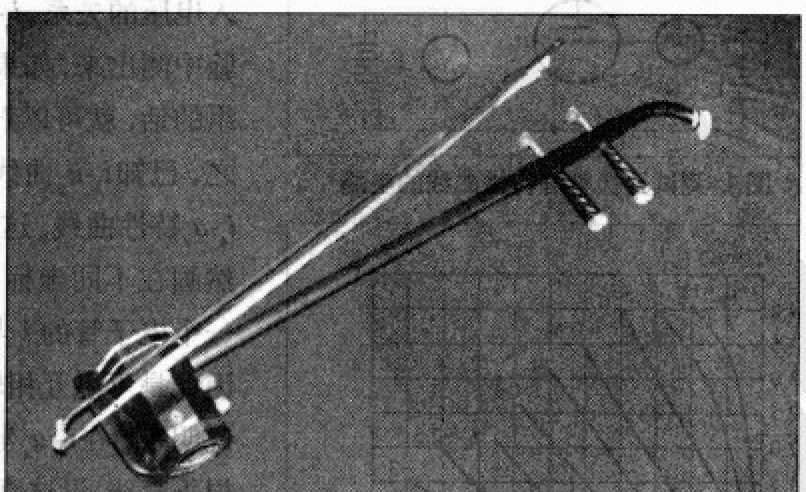


图5 电子二胡外形

该电路设计简单、成本低廉、容易安装，效果良好，便于爱好者制作。

电子管特性曲线图的应用

文/安 石

要想把电子管玩出“味道”来，秘笈之一就是掌握电子管特性曲线图，了解图中各参数的意义及应用方法。特性曲线图可以协助我们分析电路原理，引导我们设计电路直至制作出性能优异的电子管放大器，让我们感受一种特有的成就感。

电子管特性曲线的简介

初学者可以通过图1、图2所示的电路来认识电子管特性曲线。由图1可见，电子管栅极和阴极之间电压为u_g，阳极与阴极之间的电压为u_a，i_a为阳极电流。测量特性曲线时，通常是将栅极电压u_g固定，改变阳极电压u_a，测出相应的阳极电流i_a。特性曲线以u_a为横轴、i_a为纵轴画出它们之间的关系曲线。不同的栅极电压u_g对应不同的i_a-u_a曲线。图2所示的是6N2的i_a-u_a特性曲线。从图2可以看出：(1) 随着u_a的增加，i_a也增加。(2) 当栅极u_g≤-4V时，电子管进入截止区。当栅极u_g≥+1V后，电子管进入饱和区。u_g在+1V至-4V的范围是电子管的放大区。(3) 当加给电子管的电流i_a或电压u_a不变时，栅极电压u_g的变化也使u_a或i_a跟着改变。

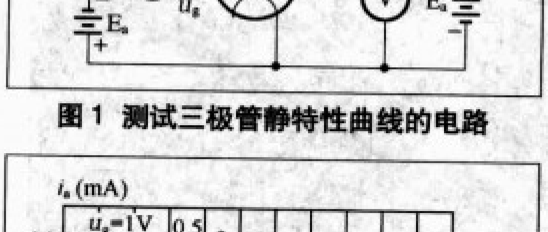


图1 测试三极管静特性曲线的电路

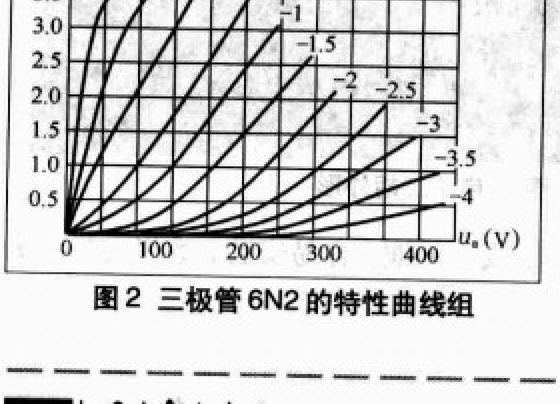


图2 三极管6N2的特性曲线组

电子管特性曲线的意义

电子管特性曲线反映了电子管的基本参数，借助特性曲线，我们可以认识和了解放大电路的多项性能，辅助我们设计制作出性能优异的Hi-Fi电子管放大器。

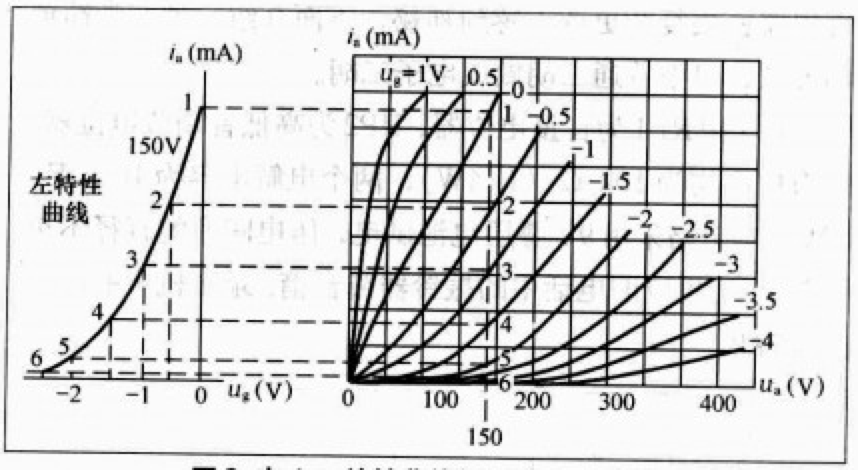


图3 由i_a-u_a特性曲线组画出i_a-u_g曲线

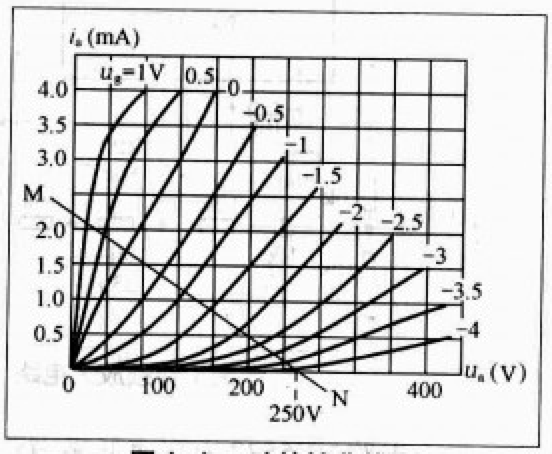


图4 i_a-u_a动特性曲线图

1.由i_a-u_a特性曲线组得出i_a-u_g特性曲线（左特性曲线）

i_a-u_g特性曲线反映输出电流和输入电压的关系。i_a-u_g曲线不一定要从实验中测出来，如果已知i_a-u_a静特性曲线组的话，就可以直接由它转画过来。反之，已知i_a-u_g曲线组，同样可以转画出i_a-u_a特性曲线。这是因为这两条曲线虽然画在不同坐标系上，但代表的是同一个电子管的i_a与u_a、u_g之间的关系，因此是可以互相转换的。现以图3为例说明：(1)在i_a-u_a坐标上作u_a=150V的一根垂直线，设这直线与各条特性曲线的交点分别为1、2、3、4、5、6。(2)取交点中的一点，如点1，它的纵坐标是i_a值，横坐标是u_a值，u_g则为特性曲线上所标注的(0V)。由此得到i_a-u_g特性曲线上的点1。(3)将i_a-u_a坐标中的点2的i_a值对应到i_a-u_g曲线u_g=-0.5V位置处，即得出i_a-u_g曲线上的点2。用同样的方法可以求出其他点的位置，连接各点即成u_a=150V的i_a-u_g特性曲线。同样在i_a-u_a坐标中找出u_a=100V、200V、300V等垂直线与各特性曲线交点，转至i_a-u_g坐标平面上，即得i_a-u_g曲线组。

2.在i_a-u_a静特性曲线上做负载线

负载线有助于我们了解放大电路的直流工作点和放大状况。根据图5所示的电路我们可知，当电子管的阳极

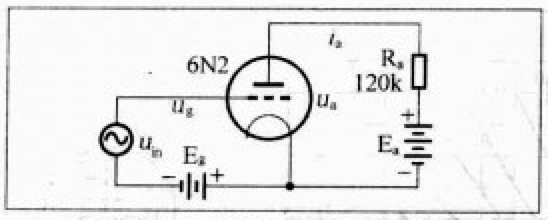


图5 负载电阻 R_a=120k 的电路图

电流 i_a=0 时，阳极电压 $u_a=E_a$。于是得到了 i_a-u_a 坐标中的 N 点(E_a,0)。而当 u_a=0V 时，阳流 $i_a=E_a/R_a$。于是得到了 M 点(0,E_a/R_a)。连接 M、N 两点的直线称为直流负载线。这一直线的斜率由负载(R_a)决定的，这也是负载线这一名称的由来。电子管的 i_a-u_a 特性静特性曲线组加上负载线也可统称为 i_a-u_a 动特性曲线。在图5所示的电路中，电源电压 E_a=250V，负载 R_a=120kΩ。通过上述介绍我们可确定 N 点为（250，0），而根据 E_a/R_a=250/120=2.08 ≈ 2mA 可知 M 点为（0，2），连接 M、N 两点我们可做出负载线了，如图4所示。

3. 负载线与 Ra、Ea 的关系

（1）如图6所示，当负载电阻 R_a 不变，电源电压由 E_a1 变为 E_a3 时，负载线也发生变化。可见，电源电压 E_a 改变时，直流工作点也随之改变。

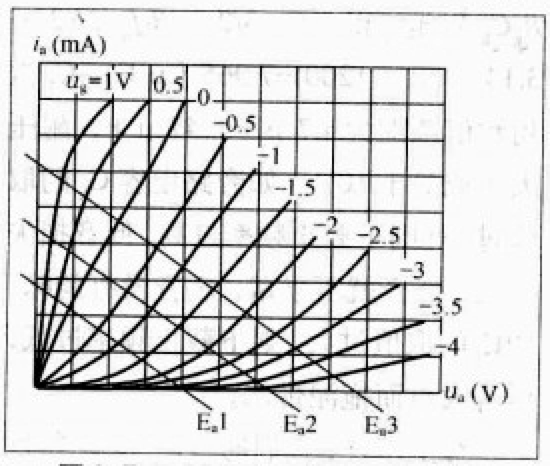


图6 R_a 不变 $E_a1 < E_a2 < E_a3$ 时的动特性曲线的移动规律

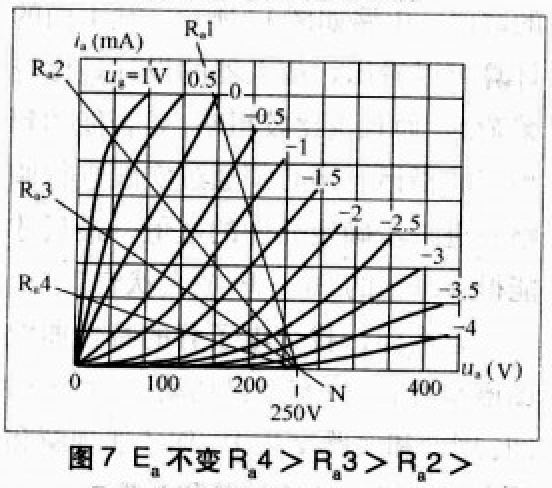


图7 E_a 不变 $R_a4 > R_a3 > R_a2 > R_a1$ 时动特性曲线的变化规律

（2）如图7所示，当电源电压 E_a 不变，负载电阻由 R_a1 增大变为 R_a4 时，负载线的斜率也随之变化。这意味着电路中的负载电阻的变化会改变放大倍数和放大质量。其结果是当负载电阻 R_a 较小时，输出的交变信号的电流幅度较大、电压幅度较小，而 R_a 较大时，输出的电流幅度较小、电压幅度较大。

4. i_a-u_a 动特性曲线的用途

（1）求放大器的放大倍数

为了便于分析，我们通常把 u_g 的波形画在 i_a-u_a 动特性曲线的旁边，使 u_g 坐标平行于负载线，坐标刻度也取得一致，如图8所示。当输入的交变信号 u_{in} 变化时，u_g 随之变化，找到 u_g 变化的各个数值对应 i_a-u_a 曲线和负载线的交点。由交点的纵坐标得到 $i_a-\omega t$ 图，画于右侧。$i_a-\omega t$ 图说明了输入交变信号 u_g 引起输出交变信号电流 i_a 的变化。同理，由交点的横坐标也可以得出 $u_a-\omega t$ 图，它说明了输出交流信号电压 u_a 的变化。

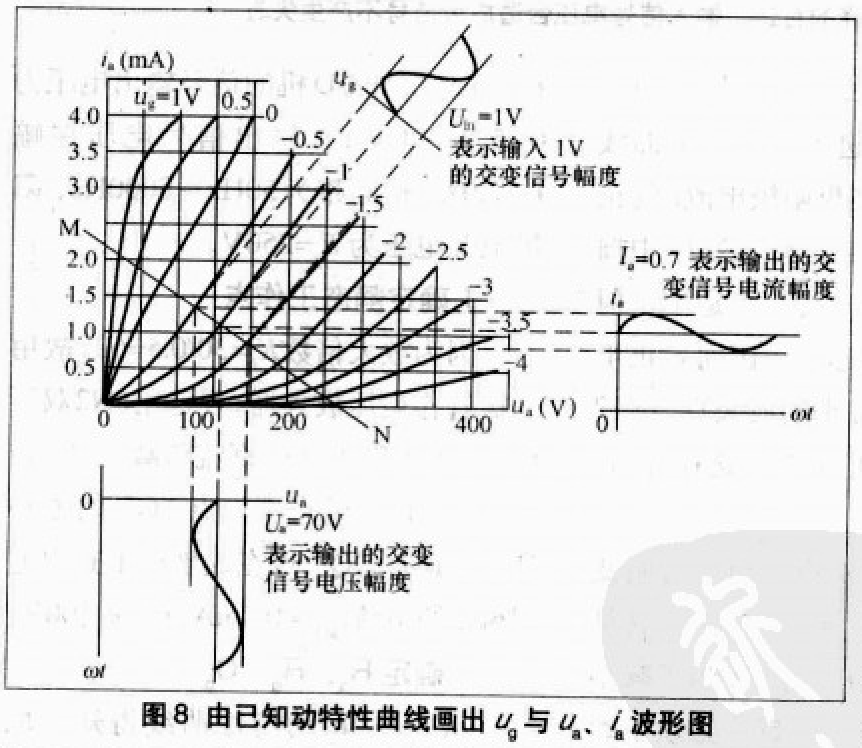


图8 由已知动特性曲线画出 u_g 与 u_a、i_a 波形图

以图5电路(其中 E_g=-1V)为例，电路的 i_a-u_a 动特性曲线如图8所示。当输入交流信号 u_{in} 的幅度为0.5V时，栅压 u_g 的变化范围为：-0.5 V～-1.5V，变化量为-0.5－(-1.5)=1V，由动特性曲线可知，对应的交流输出电压范围约为100V～160V，变化量为160-100=60V，对应的交流输出电流范围约为1.4 mA～0.8mA，变化量为1.4-0.8=0.6mA。电压放大倍数=60/1=60倍。

以上分析及图8可说明电子管放大的工作过程。输入交流信号 u_{in} 控制栅压 u_g 的变化，较小的栅压变化可使屏极电流和电压发生较大的变化，以小控大、以弱控强，这就是电子三极管放大作用的具体表现。

（2）看失真的大小

产生失真（输出信号与输入信号的波形不一致）的原因有多种，简单地说：一是直流工作点“Q”选择得不当（偏高或偏低）；二是输入信号电压过大。

图9中栅负压 E_g 过小，“Q”点过低使电子管动态工作进入到 i_a-u_a 曲线下部的截止区域，结果阳极电流 i_a 的负半周变得扁平，产生失真。

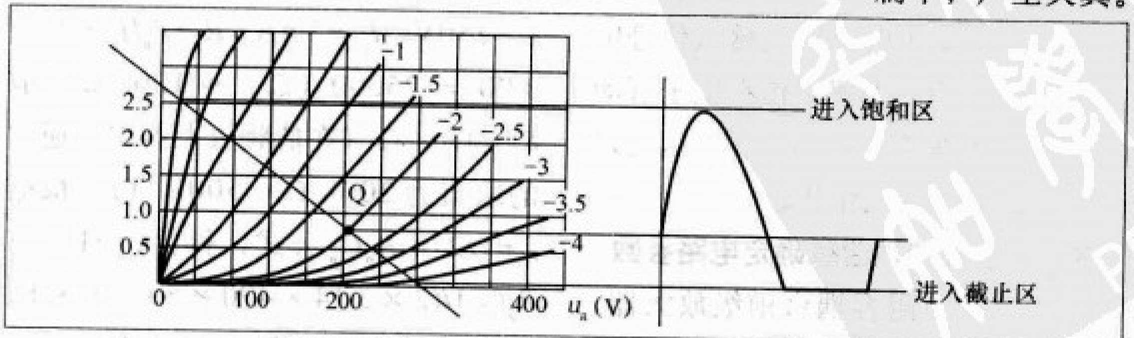


图9 “Q”选择的太低，放大信号负半周失真

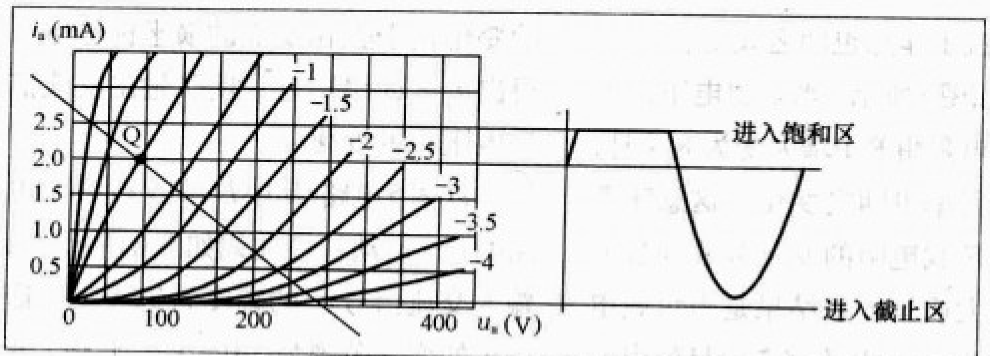


图10 “Q”选择的太高，放大信号正半周失真

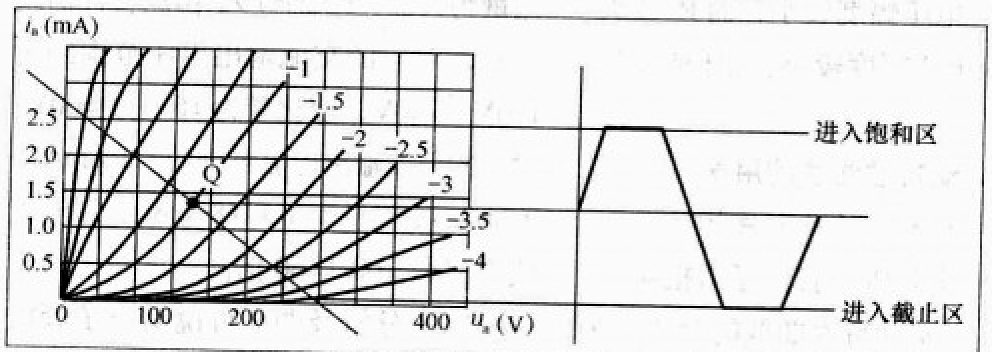


图11 “Q”选择的合适，输入信号电压太大。放大信号正负半周都存在消顶失真

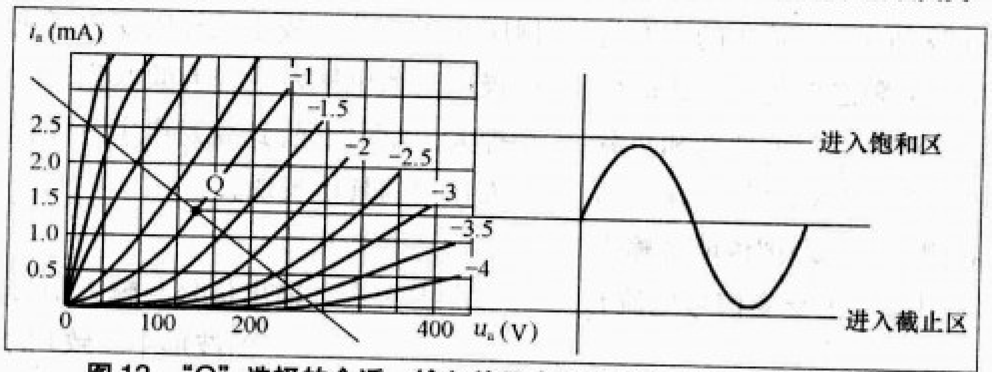


图12 “Q”选择的合适，输入信号电压合适放大信号不产生失真

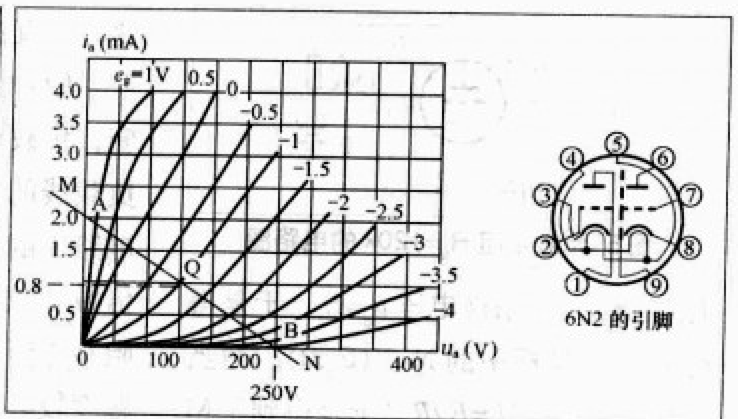


图13 在6N2电子管的特性曲线图上做出负载线并且确定“Q”的位置

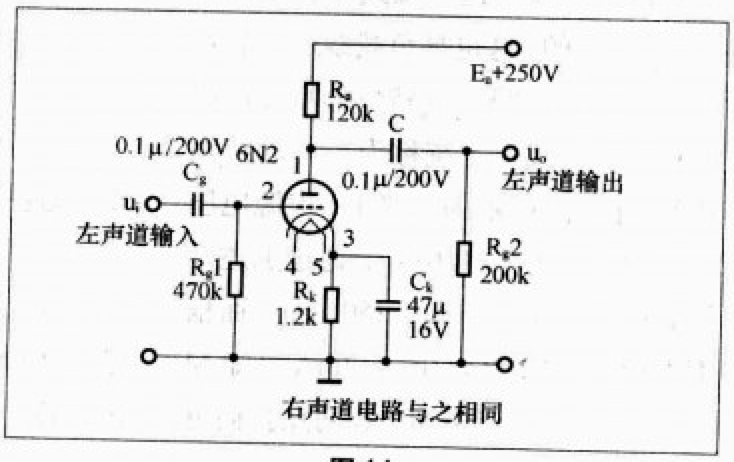


图14

图10中栅负压u_g又太大，“Q”点过高，使电子管动态工作进入到i_a-u_a曲线上部的饱和区域，结果阳极电流i_a的正半周变得扁平，产生失真。图11中栅负压虽然选得正确，“Q”点适中，但输入信号电压幅度过大，因而i_a正半周、负半周都出现扁平削波失真。图12所示的是栅负压和信号振幅选择适当，所以失真很小。

如果我们的音响系统出现音质变坏，声音嘶哑，语言模糊。实际上就是出现了失真。根据以上分析，为了减小扁平削波这种非线性失真，必须正确地选择直流工作点“Q”及输入信号电压的大小，让放大器工作在电子管动特性曲线中线性较好的区段，这就是我们常说的甲类工作状态。

应用电子管特性曲线确定电路参数

计算一级阻容耦合前级放大器，其指标如下：输入信号电压振幅U_{in}=0.5V（如CD机的信号输出电压为0.5V～1V），输出信号电压振幅U_a=30V，通频带为50Hz～8000Hz，阳极电源电压为E_a=250V。

1.确定静态工作点

因为放大倍数K_o=30/0.5=60，故用三极管作电压放大器，现选用6N2双三极管，仍沿用上述的直流负载线M、N，选U_{gQ}= -1V，静态工作点“Q”如图13所示。通过“Q”点在纵坐标上查出通过6N2的电流$I_{aQ}\approx$0.8mA，$U_{aQ}\approx$100V。

2.确定R_a、R_g、C_g

从i_a-u_a动特性曲线得知：取E_a=250V，I_{am}=2mA，$R_a=E_a/I_{am}$=250/0.002=125000（Ω）≈120kΩ，取R_{g1}=470kΩ（在低频放大器中，通常的取值为200kΩ～500kΩ）。根据$f_n=1/2\pi R_gC_g$公式，得：$C_g=1/2\pi R_gf_n$=1/(2×3.14×470×50)≈6.8nF。取C_g=0.1μF可满足$f_n<$50Hz。

3.确定R_k、C_k

根据$R=V/I$公式，得：R_k=1V/0.8(mA)=1250（Ω）≈1.2kΩ(不考虑其他因素)。又根据常用经验公式$f_n=3/2\pi R_kC_k$公式，得：$C_k=3/2\pi R_gf_n$=3/(2×3.14×50×1200)=7.965（μF)。C_k常用数值范围为4.7μF～47μF，耐压大于或等于10V。如旁路电容C_k的取值过小，则下截止频率过高，低音损失太大，低音就不丰富，声音没有韵味。如C_k的取值过大，则下截止频率过低，低音太重而拖泥带水。

综上所述，我们通过i_a-u_a动特性曲线图确定负载电阻R_a、阴极电阻R_k的取值，电路如图14所示。从上面的计算可以看出，放大器的设计是比较繁杂的，而且也比较粗略。是否能达到预定的指标，还必须通过实践进行调整并进一步确定元件的数值，最后才能得到最佳的Hi－Fi放大状态。

怎么样，找个电子管的特性曲线图谱来看看，只有亲自动动手，在长时间、理论和实践交流中，你才能理解和体会电子设计师的甘苦和乐趣。

优美的音质源于宽频带电压放大器

记一款优质胆前级的制作

文/安 石

胆机以其高贵而华丽、纯洁而飘逸的音色，吸引着很多烧友执着地追求那仙境般的感觉。然而，要做出一部好胆机并不是一件易事，我为了能欣赏“胆味”，设计制作了一款胆前级，“前胆后石”正好能利用上以前购买的晶体管功放。这款胆前级制作难度小、造价低、效果好，对于初烧友来说，制作这样一台胆前级较为合适，也是进入电子管世界的捷径。

一、电路设计

1.放大电路

我选择的是双SRPP胆前级电路，它是从当今比较流行的SRPP电路的基础上发展起来的。SRPP的英文全称是Shunt Regulaten Push-Pull，中文意译为并联调整推挽。该电路的优点是结构简单、线性好、过载能力强、电路相移少、输入阻抗高、输出阻抗低、失真度较小。

实际电路如图1所示，第一级放大采用的是价廉物美的6N3双三极管，它的左特性曲线图如图2所示。该管音色醇和、乐声娇艳。电路中的V1、V2是同一只6N3，对于音频信号，V1是一只普通的共阴极放大器，R1为阴极电阻且与R2栅极电阻构成对V1提供的栅负压，R3既是V1的负载电阻，也是V2的阴极电阻，V2在此输出的目的在于降低输出阻抗，便于与下一级负载衔接。两只三极管之间减去了耦合电容的音染，音乐的传真度更高。从图1可以看出，6N3的6脚为200V，4脚自然为100V，因为在串联电路中，R1=R3=1.2kΩ，若不考虑三极管内阻，根据$U1=I\cdot R1=U\cdot R1/(R1+R2)=200\times1200/(1200+1200)=100V$，再根据图2，当$I_a$=5mA、$U_g$=-1V时，6N3处于最佳工作状态，工作于甲类放大状态。静态工作点“Q”如图2所示。

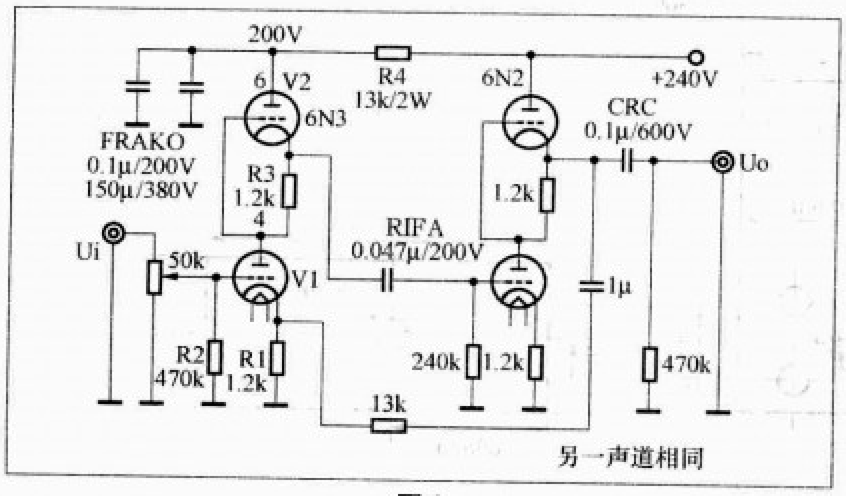


图1

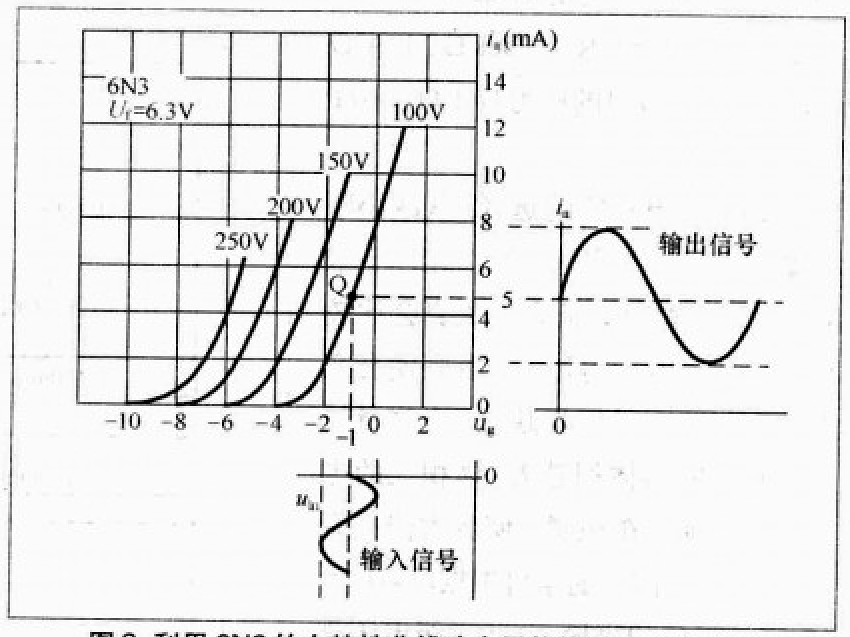


图2 利用6N3的左特性曲线确定最佳静态工作点“Q”

第二级放大采用6N2（或6N4、6N11、EC88），通过RIFA430耦合电容（0.047μF/200V），再进行二次SRPP放大，目的在于保证一定放大倍数的同时，加入负反馈电路，将其输出信号电压控制在2V～4V之间，由CRC油浸电容（0.1μF/600V）耦合输出，这样既可以得到整个电路工作的稳定性，又可以增大动态范围，使通频带增宽。

2.拓宽胆前级通频带的有效方法

（1）栅极电阻R_g的选择：根据$f_n=1/2\pi R_gC_g$公式，得出$R_g=1/2\pi f_nC_g$，可计算出R_g的阻值。根据以往的应用经验，并不是R_g越大越好，我们除了考虑放大倍数和频率失真以外，还要考虑C_g的漏电问题，因为C_g对电路的影响实际相当于一个理想的电容器并上一个很大的漏电电阻R_y。为了便于分析我们画出图3所示的等效电路，电阻R_y与栅

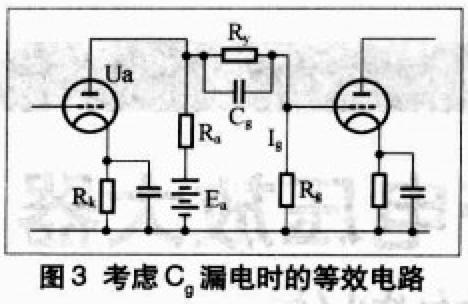


图3 考虑C_g漏电时的等效电路

极电阻R_g是串联的，它们两端直流电压为U_a。R_y使R_g两端出现一个正的偏压$\triangle E_g$，这个$\triangle E_g$会使得下一级电子管的工作点发生偏移，这是不能容许的。为了减小这种影响，就要使R_g比R_y小得多，通常R_g应小于$1\%R_y$。其次要考虑电子管内离子流的影响，因为电子管内免不了有残余气体，在工作时管内气体电离产生正离子，正离子被带负电的栅极所吸引，在栅极上形成离子流I_g，I_g流过R_g，在R_g上产生电压，加在电子管的栅极上，影响放大器的正常工作。当然，R_g也不能选得过小，过小会影响放大倍数和频率特性。综合以上因素，可根据$R_g=(5\sim10)R_a$来选择，R_g的常用数值范围为0.1MΩ～2MΩ，额定功率为1/2 W～1W。例如：6P3P的R_g为250kΩ、12AX7的R_g为1MΩ、6N1的R_g为470kΩ、6N8P的R_g为470kΩ。

(2)耦合电容C_g的选择：从减小频率失真考虑，C_g应选得大，这样下限频率f_n会比较低，低音频失真会比较小。但C_g不能选得过大，否则便会产生与R_y过小时的同样缺点。电容量越大，则电容器体积越大，体积大的电容又会增加分布电感，使放大器高音频特性变差，因此通常可根据$C_g=1/2\pi f_n R_g$来计算C_g的容量。作为前级电压放大，C_g的常用数值范围为0.01μF～0.1μF，耐压不低于2Ea，漏电阻在200MΩ～400MΩ，一般好电容的漏电阻均在400MΩ以上。

根据$C_g=1/2\pi f_n R_g$，得出$C_{g1}=1/(2\times3.14\times10\times470000)=0.034\times10^{-6}(F)\approx0.047(\mu F)$；$C_{g2}=1/(2\times3.14\times10\times240000)=0.0663\times10^{-6}(F)\approx0.1(\mu F)$。

(3)一种经验做法：在C_{g2}上并联一只0.47μF～1.0μF的电容（最好是耐压为630V的丹麦JENSEN油浸电容），在实际电路应用上，效果十分明显，这样高、低频信号都可以兼顾到，

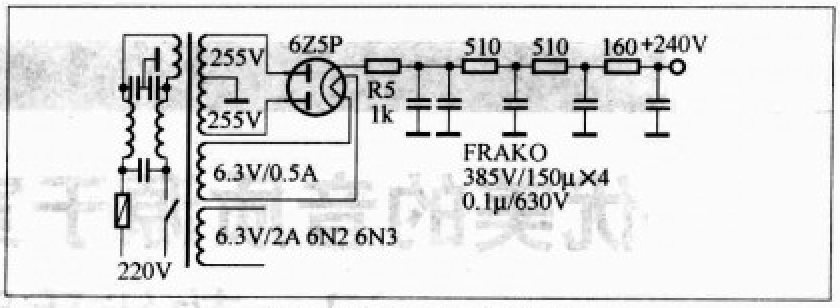


图4 双SRPP胆前级电路

通频带增宽，音色鲜活细致，风格飘逸，十分耐听，很有点“雨后初晴”般的感觉。

3.电源电路的设计

一部胆前级的音色的好与否，电力供应是很重要的，这已成为众多发烧友的共识。本机从抗干扰、减少纹波、提高音质等多方面加以考虑，设计的电源电路如图4所示。交流部分采用YUNPEN插座（开关电源的滤波电路），首先滤除电网中的差模、共模高频干扰，再进入电源变压器。直流部分采用一只6Z5P作全波整流，为了使滤波效果好，音质靓

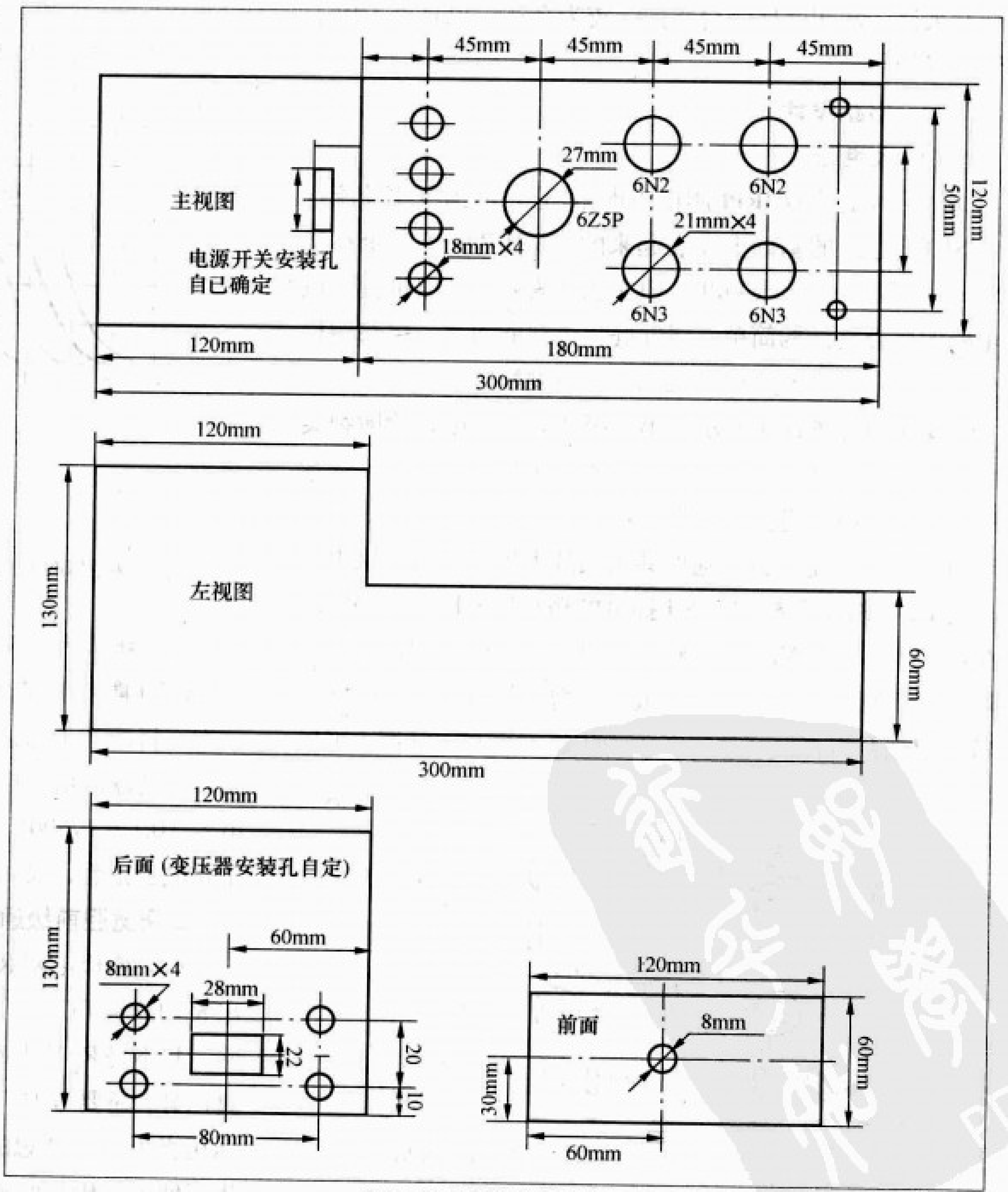
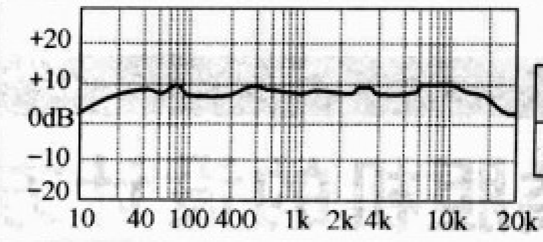


图5 SRPP胆前级铁皮加工

丽，刻意使用4只FRAKO电解电容（150μF/385V），4只2W的国产“大红炮”电阻，用4级CRC Π型滤波，达到减少纹波的目的，确保+240V电压更加平滑，能量充足。灯丝部分采用交流供电，会产生十足的音乐空气感和丰盈的胆味，而那些非常微弱的交流声就显得微不足道。



输入信号频率 (Hz)	10	20	30	40	1k	2k	4k	10k	15k	20k
输出信号电压 (V)	4.0	4.3	4.5	4.6	4.5	4.3	4.5	4.6	4.8	4.5

图7 测试通频带的原始记录

二、元件的选择

为了降低成本，电源变压器采用老红灯牌电子管收音机的变压器（上海无线电27厂生产），这种变压器是我国60至70年代的产品，质量好、容量大、噪声低，很适合制作电子管前级放大器的电源。音量电位器用ALPS铁壳50kΩ×2，放大线路中的电阻一律采用美国DALE 1W的电阻，其特点是误差小、精度高、音色美。电路中的耦合电容可根据自己的爱好，选择品质比较好的，其容量在0.47μF~0.1μF之间最好。笔者做过这样的实验：在胆前级中输入示波器的方波测试信号，若使用1μF以上的耦合电容，其输出的方波信号有一些失真。

三、电路的组装

该前级电路非常简单，但制作工艺应确保精益求精。具体步骤：（1）用1mm厚的铁皮，按图5所示的图纸加工，刷防锈漆，喷黑色金属漆，烤干即可。（2）选择适当粗（0.5mm左右）的单芯线，将所有输出的交流灯丝电线，朝一个方向绞合成一股，紧贴于底板走线，就近焊接在各个管座上(实践证明，这样做产生交流噪声的可能性很小)。（3）合理布置各种阻容元件，一点接地，采用搭棚焊接。（4）使用单股镀银屏蔽线和卡达时镀金插座，焊接信号线，焊接完成后的电路见图6。（5）通电实验：调整R4（见图1）和R5（见图4）的阻值，测试各点电位且达到图1和图4所规定的电压值。（6）使用毫伏表，测量无信号输入时，电位器置于最大状态，信号输出端的电压应为2mV以下。若没有此设备，使用万用表交流10V挡也可以。若达不到此标准，就应检查布线及滤波电路是否正确。输出信号电压的测试：输入1V方波信号，电位器置于最大状态，信号输出端的电压为2V~4V最好。（7）测试通带：使用毫伏表以及音频信号发生器，输入0.5V的各种由低到高的频率信号，用毫伏表逐个测量，其输出电压均在4.5V左右（见图7），其频率响应为20Hz~18kHz。

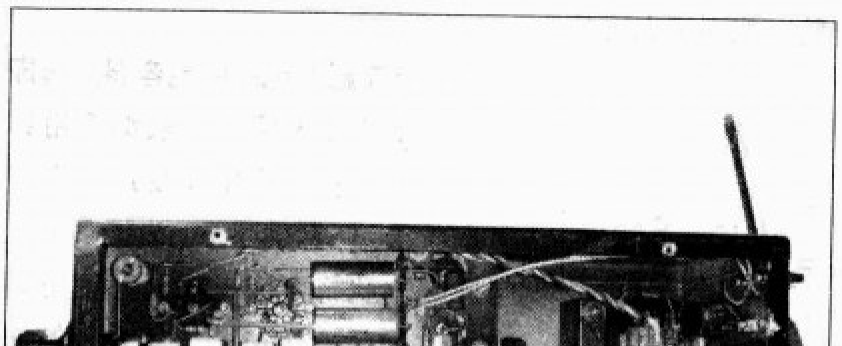


图6

四、试听

采用马兰士CD-7型、HL Compact 7ES音箱、先驱M-850功放+自制胆前级、超时空RSC-CD信号线、MIT T2双线分音音箱线。首放一曲令人闻之色变的《红魔鬼》第9段，好让我的新作品经受严峻考验。果然不负众望，这道阿洛德管弦乐曲之中那接连不断、铺天盖地的迫人声浪，令人心惊胆颤如裂石的鼓声，金蛇狂舞般的响鞭，高潮频起，无容喘息。新作品的控制力和速度感更具挑战性。

五、主观评价

笔者搞教学、弄胆机，理论联系实际也有些年头了，但这款双SRPP胆前级让人难以忘记。试听各种音乐，表现突出、音场宽阔、音色明亮、泛音丰富、解析力高。拔下6N2换上镀金脚E88CC之后，音质晶莹通透，醇和厚实，能忠实再现音乐本身的内涵。

专栏编辑的话

在本期的“胆机制作专题”中还有一篇《浅谈音频输出变压器的设计与制作》，它和本期刊登的其余4篇文章是姐妹篇。该文从音频输出变压器的计算方法入手，讲解输出变压器中各种参数的计算和设计，同时还讲解了输出变压器的设计、绕制方法、检测及作者在实际制作中总结的制作体会。该文章将刊登在下期，感兴趣的读者敬请关注下一期《无线电》杂志。

300B单端甲类胆机的设计方案

文/安 石

300B是有着几十年历史的直热式三极管，以其独特的声音魅力迷倒了众多的音响发烧友。它最富有表现力的是中频与高频，温醇悦耳、柔美动人、通透流畅、声音圆润，有着非比寻常的吸引力。然而它的低频段表现力采用什么办法来提升？前级放大兼推动采用什么样的电路比较好？整流滤波采用什么样形式比较合适？这是很多烧友所关注的热点。笔者通过多台300B单端电路的装机经验，较好地解决了上述问题，现将这款电路简单、容易制作、调试方便、性能稳定的300B单端甲类胆机现呈给大家，以期相互切磋，共同提高。

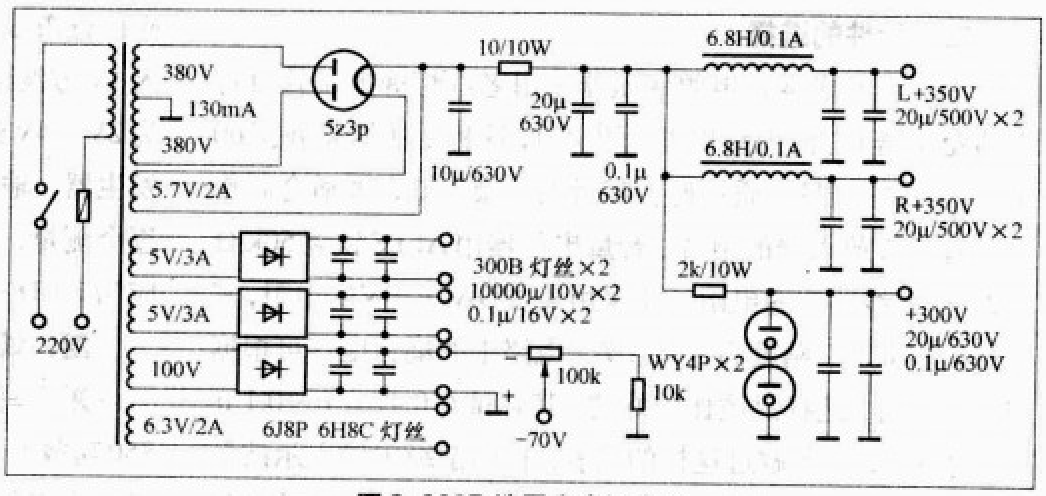


图2 300B端甲类电源电路

一、如何解决非线性失真

任何一款放大电路，都应当把非线性失真放在第一位去考虑，如果它的非线性失真一塌糊涂，那么对该放大器所列举的种种优点也就失去了意义。我们在各种音响杂志上看到的300B电路，大多采用6J8P+300B或者是6N9P（SRPP）+300B电路，6J8P采用的是五极管接法直推300B，我仿制过，就其音质而言，无可非议，但在播放大动态音乐时，却严重出现深而不实的现象。五极管做电压放大时的失真和管子的帘栅电压有相当大的关系，帘栅电压低则失真小，反之则大。问题是电压低，输出动态也相应变小，推300B自然成问题。为了解决这个问题，我将6J8P(前苏联的6Ж8)直接设计为三极管接法，相关阻容元件只有3个，而推动级采用6N8P（前苏联6H8C）做SRPP放大，相关阻容元件只有4个，就这样一款前级兼推动电路诞生了，设计电路如图1所示，它的特点是：结构简单、线性好、过载能力强、电路相移少、输入阻抗高、输出阻抗低、在担任电压放大的同时也提高了推动电流。电源电路如图2所示，前级兼推动电路，加上电源电路总共使用了十几个元件，放大性能特别好，输入波形与输出波形（量程不一样）几乎可以重叠，最关键的是它们解决了非线性失真。

二、电源电路和耦合电路的设计与用料

音色与音质的好坏不仅和电路设计有关，与元件的用料也是密切相关的，我经过几次装机，可以说获取了些经验，找到了点感觉。

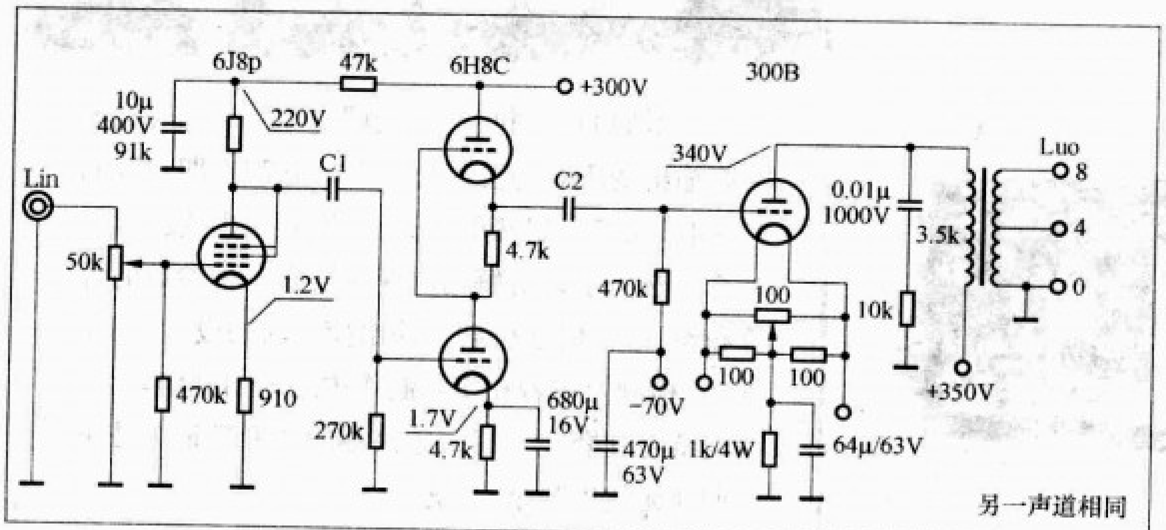


图1 300B端甲类电路

1. 整流滤波电路中电容器的选择

整流滤波电路中一般都采用Π型滤波，我在制作中发现这多少缺了点通透、圆润的感觉。为了解决这个问题，我将全部电容器都使用国产CZJ、CJ、CDM——T系列的油浸电容（10μF/630V～20μF/630V、0.1μF/630V），再设两个电感，将高压电源分两路供电（见图2），这样不但滤波效果好，达到了减少纹波的目的，而且左右声道既互不干扰，又能

能量充足。音色明亮，晶莹通透。

2.耦合电容的选择

我在电路中采用极为简单的电容耦合方式，如图1中的C1、C2，这两个电容是起着承前启后的作用，为此，我使用了较为优质的CRC油浸电容，效果极佳。其效果主要表现在以下几个方面：(1) 音色极为优美，各音域表现异常全面，几乎无懈可击。(2) 速度非常快，决不拖泥带水，该电容在小动态时优美动听，在大动态时从容不迫，轻而易举地完成爆棚，而且力度、音场让人都非常满意，你都想不明白这百万雄兵是从哪里冒出来瞬间又躲到了哪里。(3) 细节非常丰富，表达非常细腻，在我用过的这些名牌电容中，这款电容是最具有胆味的产品，有网友说该电容是去除数码声的利器，对此我完全赞同。(4) 该电容本身就具有浓郁的胆味，再和含银的线搭配效果较好，假如高压直流的供电部分越好，该电容的效果就明显。注意：一般耦合电容的容量不宜过大（0.1 μ F/630V）。

3.其他阻容元件的选择

在固定偏压电路使用法国SIC-SAFCD高级电容进行栅极负压的滤波（这一点非常重要，往往被人们所忽视），采用美国的DALE高精度无感轴向引脚发烧电阻作为阴极电阻，其他电阻选用国产军用“大红炮”即可。旁路电容采用瑞典的RIFA电容，这对整机的音色起到了比较重要的调节作用。

三、提升低频表现力的几个措施

1.选择品质优良的高档电容（如瑞典RIFA680 μ F/16V），作为6N8P的阴极电容，容量在470 μ F～680 μ F之间比较合适，这样有利于提高6N8P的低频推动力。

2.高压滤波电容，应尽量靠近电路输出端，以保证低频大动态信号时的能量补充。

3.用一个RC电路并在输出变压器初级端，使放大器总的负载阻抗尽可能不随频率变化而变化。这是因为放大器的实际负载并不是纯电阻，而是含有电感成分的，所以实际负载阻抗将随信号频率的增减而增减，因而使得阳极负载阻抗，也随着信号频率的增减而作相应的增减。采用RC电路，就可以达到稳定负载阻抗的目的。RC的常用数值是：C=0.001 μ F～0.01 μ F，R=1.5k Ω。

4.使用2mm粗的单根纯银线做地线，在保证中、高频段优势的前提下，低频段也会坚实有力，其声音的冲击力将得到加强。

5.使用固定偏压电路，好处在于不随电子管工作状态的变化而变化，提高了300B工作状态的稳定性。

四、300B单端甲类放大器的设计

1.主要参数的确定

为了充分发挥300B电子管高保真音质的潜能，采用无负反馈单端甲类输出电路。300B电子管的静态特性曲线如图3所示，用图解法说明：根据电路的基本参数，已知：电源电压为350V，输出变压器初级端的交流阻抗为3.5 k Ω。根据300B电子管的静态特性曲线确定Q点，选择I_a=60mA、U_a=350V（甲类状态），并根据输出变压器初级的交流阻抗3.5 k Ω，得出u_{amax}=350 + 60 × 3.5 = 560（V），由此在特性曲线图中确定N点（560V，0mA），连接N点和Q点得到300B管子的动态特性曲线（M，N）。根据动态特性曲线与u_g=0V的管输出特性曲线的交点，得出i_{amax}=140mA，同时从动态特性曲线上可以看出Q点与其相应的栅偏压为u_g=-70V。综上所述，得出整机电路图以及各点电位数据，如图1所示。

最大理论输出功率为：P_o=〔(u_{amax}-u_{amin}) / 2〕〔(i_{amax}-i_{amin}) / 2〕 / 2 = 〔(560 − 100) / 2〕 × 〔(0.14 − 0.02) / 2〕 / 2 ≈ 6.9（W），阳极电源所供给的功率：P_d=U_a × I_a=350 × 0.06=21（W），放大器的阳极效率：η_a=P_o / P_d=6.9 / 21 ≈ 33%。

如果后级功率放大采用FU-50、FU-7功放管的话，其电路仍然非常简单，如图4、图5所示。

2. 输出变压器

输出变压器是从四川广汉凯立电器厂定做的(由于时间关系，没有自己绕制输出变压器)，其型号为kse50A，输入端阻抗为3.5k Ω，输出端阻抗为4 Ω、8 Ω，功率为50W，该产品是采用分层分段设计，精工制作，用电缆纸作层间绝缘，耐高压，频率特性好，性价比较高，经使用验证，具有不凡的音色表现力和良好的绝缘性能。

3.功放组件的安装

(1) 机座设计如图6所示，交五金厂加工，采用2mm厚的钢板冲压制作。并刷防锈漆，喷黑色金属漆，烤干即可。

（2）安装机座上所有的插接件及音量电位器。

（3）安装变压器和电容器，并且设置地线。

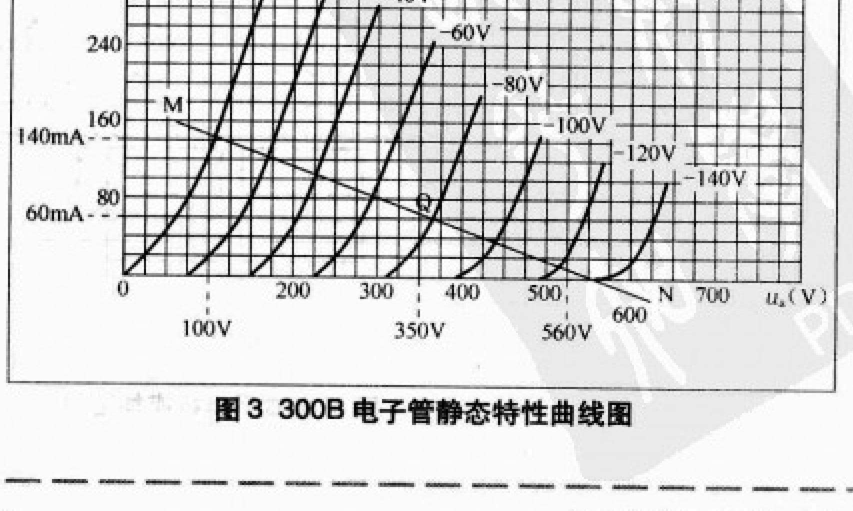


图3 300B电子管静态特性曲线图

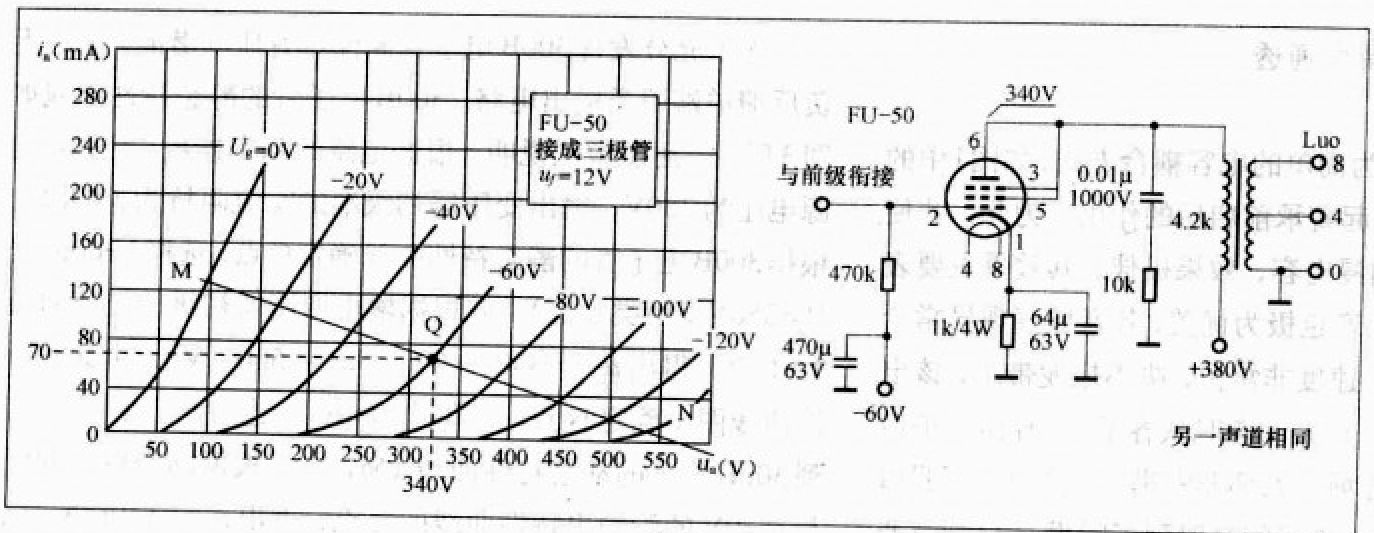


图 4

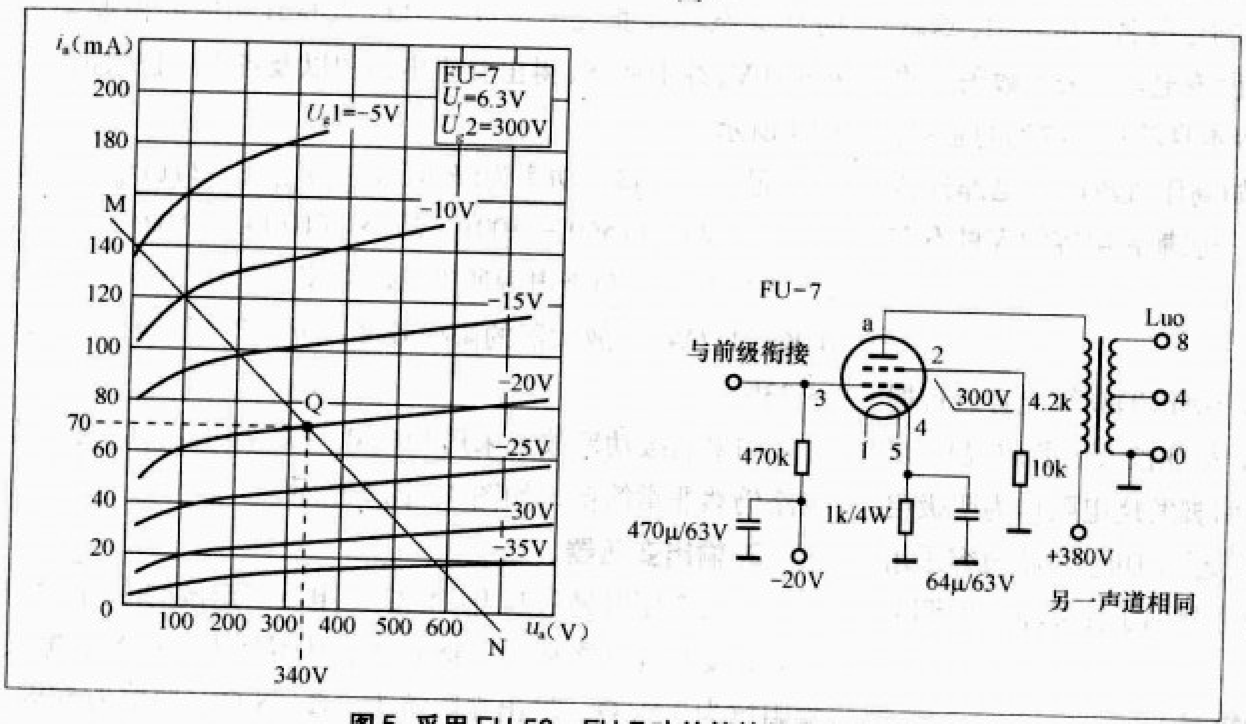


图 5 采用 FU-50、FU-7 功放管的放大电路

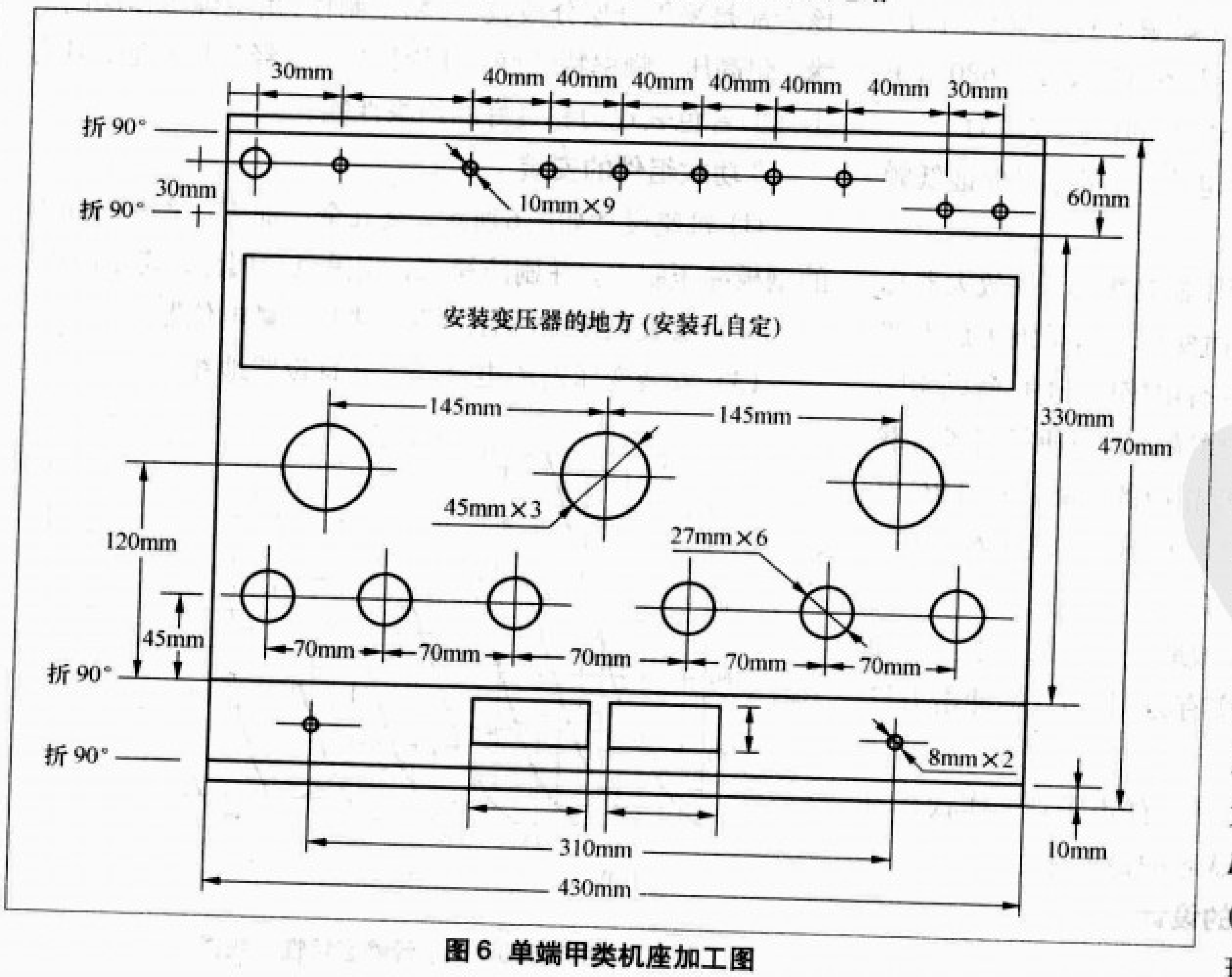


图 6 单端甲类机座加工图

(4) 选择较粗的双芯屏蔽线(实践证明，这样做交流干扰声特别小)作为前级交流灯丝的连接线，且紧贴于底板走线，屏蔽层接地。开机首先检验各灯丝电压是否正确。

(5) 使用单芯镀银屏蔽线和卡达时RCA镀金插座，焊接信号线，且紧贴底板边缘走线。

(6) 合理选择布置电阻和电容的安放位置。

(7) 初调栅负压：使300B的栅负压为－70V左右。

(8) 最后连接高压电路，通电测量各管阴极（对地电阻的电压）和阳极（对地电压）是否符合电路图中所给定的参考数据。如果差距太大，先考虑微调栅负压，再检查其他电路。

4.检查与调试

连接假负载或者扬声器。开机反复调试，使300B的栅极负压为－70V，阳极电压为+350V，用电流表串接在300B阴极上读数为60mA(上述3个数值均为参考值)。使用毫伏表，测量无信号输入时，负载两端的电压应为7mV(耳朵距离音箱50cm听不到交流声为原则)，若达不到此标准就应检查布线及滤波电路是否正确，使用的滤波元件容量是否与理论值相符（购买油浸电容时，最好预先用电容表测好）。

输出功率的测算：输入音乐信号，电位器置于最大状态，使用电压表测负载(4Ω)两端电压为5.1V，其额定输出功率；根据 $P=IV$，得 $P=V^2/R=5.1^2/4=6.5$ (W) 这一参数接近前面提到的理论值。

如何给 Hi-Fi 胆机设计电源电路

文/安 石

一部胆机给出的音色的良莠，电源的作用是很重要的。一个表现优秀的放大电路，必须有一个同样优秀的电源电路来支持，所谓 “好马配金鞍”，这已成为众多发烧友们的共识。那么，在胆机的电源电路中我们要采用什么样的整流器件，都有哪些形式的整流滤波电路，用什么样的电容作为滤波电容。本篇文章将向您介绍这三方面的内容。

一、胆机电源中的整流二极管

直热式电子管在灯丝点燃几分钟后才开始向屏极发射电子，而旁热式电子管要靠灯丝对阴极加热后，阴极才能向屏极发射电子，通常也需要几分钟的时间。如果胆机的电源中采用晶体半导体二极管作为整流管，则可能在开启电源后，电源输出电压很快即可建立使胆机中各电子管的屏极处于高电压工作状态，而此时功放电子管的阴极尚未发射电子。这样的高电压在每次开启电源时对功放管的冲击是很大的，日久必将导致功放管的早衰。图 1 所示为电子二极管的电流－电压关系曲线(i_a-u_a曲线)，可见随着电压 u_a 的增加，电流 i_a 增大的速率较为缓慢，当 u_a 增大到一定数值后 i_a 趋于平稳。相对半导体二极管(电流－电压为指数型关系)，电子二极管整流输出电压的建立速率相对较慢，这可使得功放管屏极工作电压与阴极的电子发射在时间上有更好的配合关系。

供电电源的稳定性是至关重要的。电子管在工作一段时间后性能是很稳定的。而半导体二极管在机内温升提高后，其 P-N 结随着温度升高，反向漏电流增大，它的整流输出特性也随之变差。

电源的等效内阻应该是越小越好。整流电子管如5Z4P、5Z3P等，在加热后的工作状态下其内阻是相当小的。而高压半导体整流管在环境温度较高状态下的内阻将超过电子管。过高的电源内阻对整机的瞬态响应与大动态功率输出均有不利的影响。

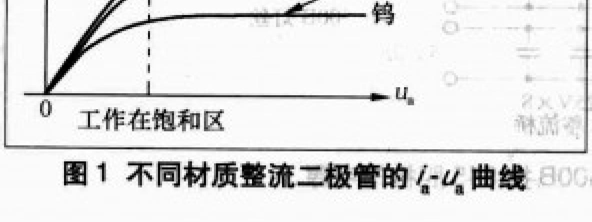


图 1 不同材质整流二极管的 i_a-u_a 曲线

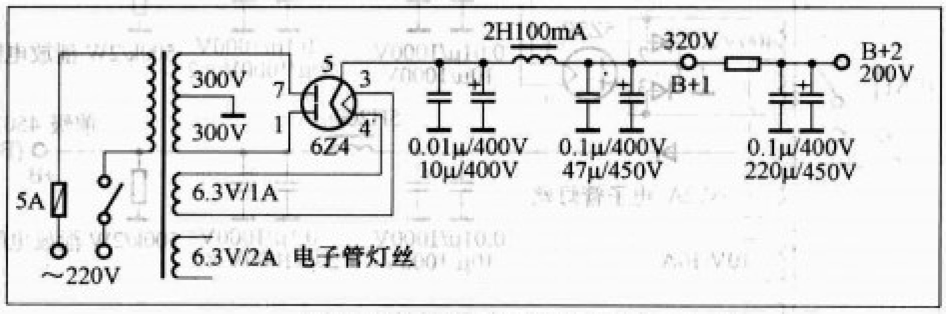


图 2 小功率胆前级电源供给

综上所述，胆机电源的主整流二极管宜采用电子二极管，它可使胆机输出的音质更加靓丽。

二、胆机电源中常用的整流滤波电路

下面介绍几种类型的电子管供电电源电路，与之适配的功率放大器及功放管也兼论及，可供广大发烧友在制作胆机时参考。

1.小功率电源

典型电路如图 2 所示。该电源电路适用于单管甲类小功率放大器和胆前级电路。功率放大管可采用EL34、6P3P、6P14、6P6P 等。电源整流管可采用 5Z4P、6Z4P 等。整流后输出的直流高压为 300V～400V，最大供电电流不超过 122mA。

第一级 B+1 输出专门供给功率放大级，由于功放级电流较大，为减小电源内阻应采用扼流圈 CLC π 型滤波方式。第二级 B+2 输出供给前级放大和推动级，可采用电阻降压或 CRC π 型滤波方式。

2.中功率电源

典型电路如图 3 所示。本电源电路可供给甲乙类中功率推挽放大器使用。功放管可采用 6L6GC、EL34、6P3P、6CA7 等中功率管。整流管可采用 5Z3P 等。整流后输出直流高压为 350V～450V，最大高压输出电流为 250mA。滤波电路与前面小功率电源的相同。

栅负压电源可由电源变压器的 30V 抽头整流提取。由于栅负压电流很小，负压整流管可采用小功率半导体二极管。整流后可获得－30V 至－70V 的负电压。根据功放电

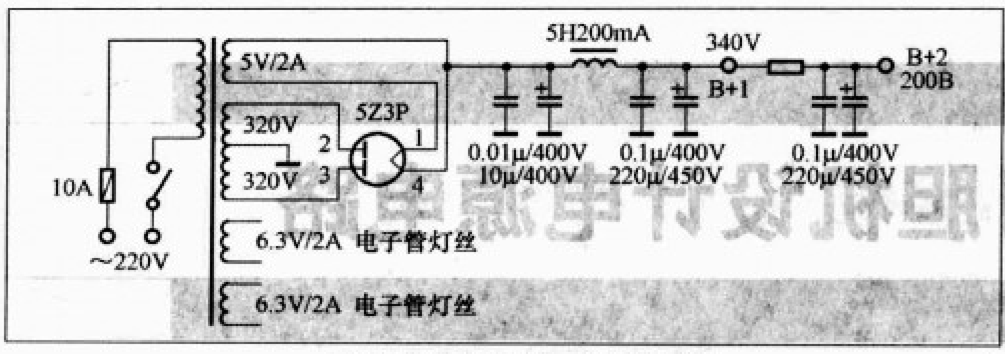


图3 中功率推挽胆机电源供给

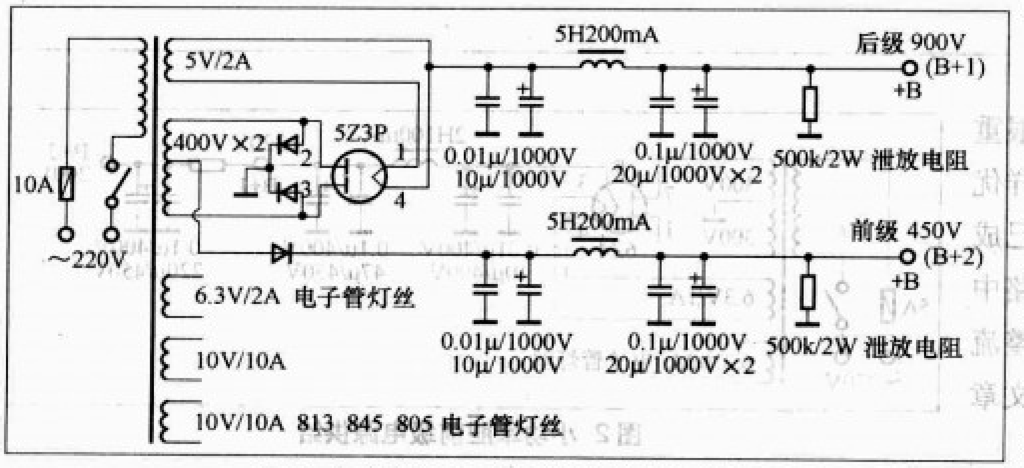


图4 大功率高电压桥式整流的电源供给

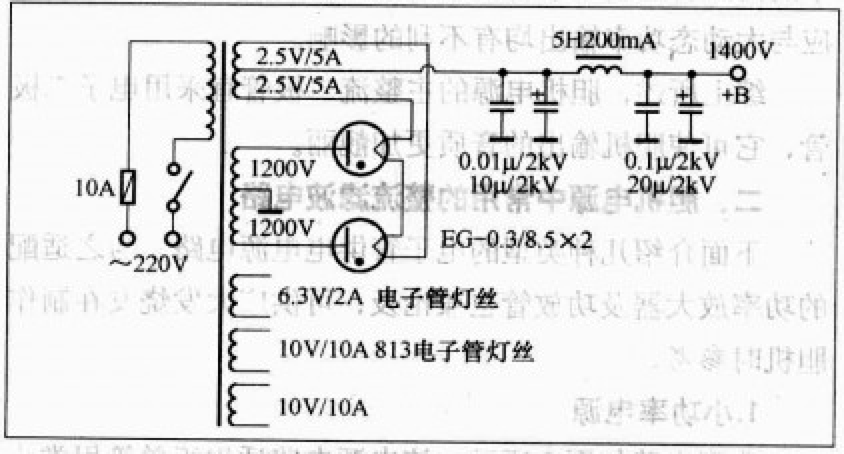


图5 高电压大电流全波整流电源供给

路的需要，应设置电位器进行调节。

3.大功率高压电源

当功率放大管采用高屏压电子管如211、845、811等时，由于此类功放管所需屏压高达1000V左右，所以整流供电方式须采取多只管组成的桥式整流电路。图4中采用1只5Z3P和两只半导体二极管组成高压桥式整流电路。这种胆石混合既解决了空间占用问题，又很好地解决了高压整流问题。经桥式整流后，从B+1输出端即可获得900V左右的直流高压，供各高压功率管屏极使用。在高压输出端必须并联一只泄放电阻R，其功耗根据泄放电流而定。

次高压由中心抽头处获得，经半导体二极管整流及扼流圈、电容滤波后可获得450V左右的次高压B＋2，B＋2供给推动级及前置放大级使用。

图5所示的电源可供电给较大功率的甲类单端、甲乙类推挽功率放大器。功率放大管可采用813、845、811等。由于供电电流较大，图5所示的电路采用两只EG-0.3/8.5整流管担任高压电源的整流，输出直流高压可达1450V～1500V、最大电流可达250mA，滤波器采用CLC组成的π型扼流圈滤波电路。

图6所示电路可作为300B推845胆机的电源部分。

(1) 直流高压部分：采用两只5Z3P和两只半导体二极管作全波整流。将800V和340V高压直流电源分两路供电，使前后级放大电路互不干扰。滤波电路采用CLC的π型滤波，电感为两个200mA/5H的扼流圈。使用RIFA 2200μF／400V、ROE 470μF/380V、VQ0.1μF/1000V油浸电容作为滤波电容。滤波效果非常好。笔者装机的功放输出音色圆润，晶莹通透又动力充足。

(2) 灯丝部分：对前级放大的灯丝采用交流供电，会产生十足的音乐空气感和丰盈的胆味，而那些微弱的交流声会显得微不足道。而如果使用直流供电，会感到音乐味荡然无存。对300B和845的灯丝则要采用直流供电，以确保较高的信噪比。

(3) 对845采用固定偏压，值得一提的是－90V直流电压的整流滤波非常重要，最好采用大容量滤波电容470μF/200V和0.1μF/200V并联使用，可产生非常好的音色效果。

4.常用电子整流二极管的参数

附表列出多种电子整流二极管的参数，相应的引脚如图7所示，可供胆机爱好者参考。

三、胆机用滤波电容的选择

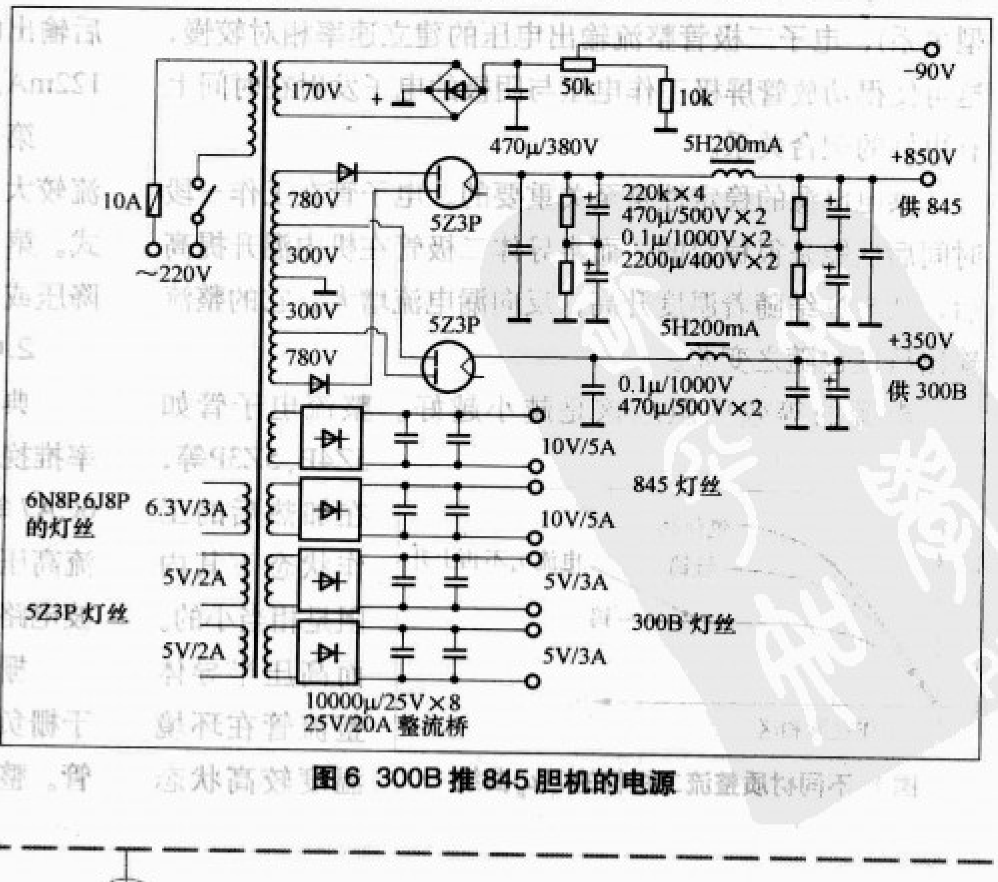


图6 300B推845胆机的电源

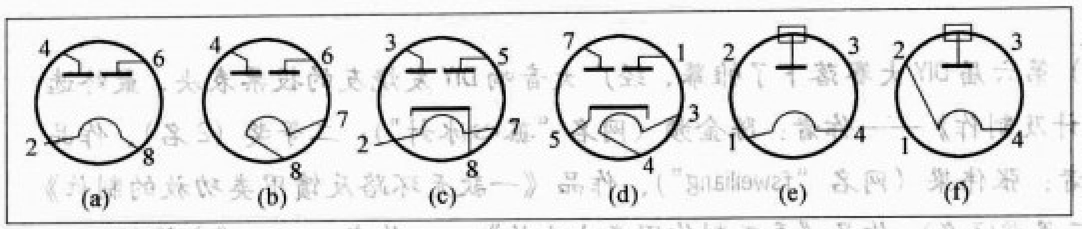


图7

附表 各种电子整流二极管的参数

型号	代换型号	E_f/I_f(V/A)	E_a(V)	I_a(mA)	引脚图
5AR4	GZ34	5/1.9	550	250	图7 (a)
5AZ4	5Y4	5/2.0	350	125	图7 (a)
5G-K24	GZ-34	5/1.9	450	250	图7 (a)
5R4G	GZ-32	5/2	500	175	图7 (a)
5T4	274A	5/2.8	550	200	图7 (a)
5U4G	5Z3PA	5/3	550	225	图7 (a)
5V4G	5G-K24	5/1.9	450	200	图7 (a)
5W4	DV503	5/2	400	125	图7 (a)
5X4G	274	5/3	450	225	图7 (b)
5Y3G	5W4GT	5/2	350	125	图7 (a)
5Y4G	5X4G	5/2	350	125	图7 (b)
5Z2P	5W4GT	5/2	400	125	图7 (a)
5Z3P	5U4GT	5/3	500	230	图7 (a)
5Z3PA	5U4G	5/3	500	230	图7 (a)
5Z4P	5Z4G	5/2	500	122	图7 (a)
6Z4	6202	6.3/0.5	350	75	图7 (d)
6Z5P	5868	6.3/0.6	400	70	图7 (c)
EG1-1.25/8.5	866	5/2.5	3000	100	图7 (e)
EG1-1.25/10	872	5/6.75	10000	400	图7 (f)

我们知道耦合电容对音色的影响很大，但电源中的滤波电容对整机的影响也很重要。

滤波电路连接在直流电源的输出端，用以滤除直流电压、电流中不需要的交流成分。在胆机电路中一般采用的滤波电路为CLC π型滤波方式。这是因为π型滤波方式的输出电压可以接近电源电压，电流在滤波线路中的损耗很小。而CRC π型滤波方式在电阻R上会产生较大的压降，损耗的电功率也比较大。

图8

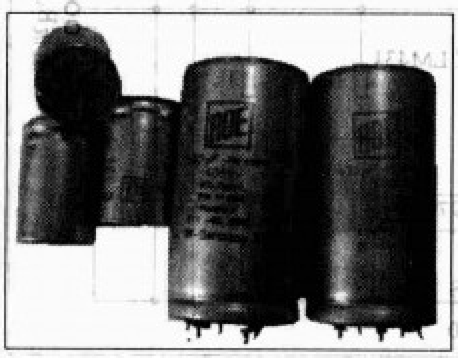


图9

滤波电路中的电容一般采用大容量的电解电容或者是油浸电容。为了滤除直流电源中的高频交流杂波，通常还会给滤波电容并联一只耐压高的小容量电容。

目前市场上常见的滤波电容有以下几类。

1.国产铝壳电解电容有和平、天和、无锡等诸多品牌，见图8，型号有CDZ-BO、CD-1-CO、CD-3、CD-15。从使用经验来看，这几种电解电容的性能相近，只是容量和负极接线情况不同。

2.德国ROE电解电容，见图9，过去与SPRAGUE电容齐名，是一种高档电容，特别是欧洲音响器材中使用ROE电容的较多。早期的Krell后级功放的主滤波电容为SPRAGUE、推动级电路则采用ROE电容，二者相互搭配有非常好的效果。ROE电容大部分是金黄色外皮包装。配备这一电容的器材放出的音乐细节更多、更清晰艳丽，可用雍容华贵来形容。ROE电容是一款摩机的上品。

3.施碧铝壳电解电容，外壳印有SPRAGUE及电容的容量(见图10)、数字编号，字是用字模打上去的，不能擦掉，外壳为负极，安装方便。产生的音色甜美、余韵丰富、收放自如，充分显示了美国音响元件雄浑、豪放的特色。可称为发烧极品电容。

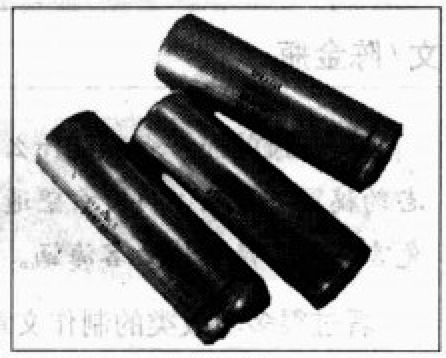


图10

4.瑞典的高级RIFA电容如图11所示。常见到的PP质电容是蓝色的，电解电容则是白色或者是黄色外皮，规格特性与声音表现均非常优秀，但是价格比较昂贵，因此甚少有音响厂家使用。

图11

5.罐装油浸电容，品种繁多、体积大、容量小、耐压高（见图12)。在胆机滤波电路中使用油浸电容，滤波效果非常好。假如您的胆机底盘有很大的空间，可在CLC滤波电路后端使用上一只，会使音色更美，乐感及其密度都有较高的水准，不妨一试。

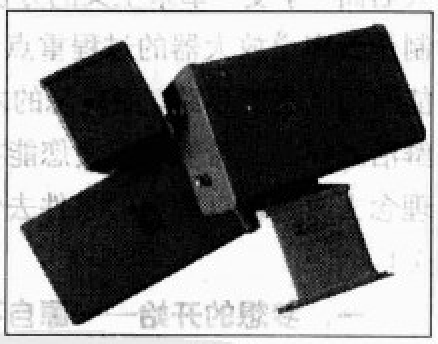


图12

以上就胆机电路中的整流管、整流滤波电路、滤波电容给予了分析和论述。一般而言，电源变压器、电子管、滤波电容，通常是一分钱一分货。但笔者要特别强调，胆机电路中的零件应用，重在配搭，最贵的不一定就是最合适的。电路结构、器材规格、安装调试对摩机效果都有着影响。借用佛典里的一句话："福不唐捐"。唐捐就是白白丢了的意思。我们也应该说："功不唐捐"。努力是不会白白地丢了的。要深信，今日的失败，都由于过去的不努力。今日的努力，必定有将来的大收成。

编者按：中国音响DIY（www.hifidiy.net）第六届DIY大赛落下了帷幕，经广大音响DIY发烧友的投票表决，最终选出一等奖（1名），作品《多声道功放的设计及制作》——作者：陈金频（网名"孤心冰封"）；二等奖（2名），作品《我制作的模块式功率放大器M2》——作者：张伟梁（网名"fsweiliang"）、作品《一款无环路反馈甲类功放的制作》——作者：高学锋（网名"gaoxuefeng"）；三等奖(3名)，作品《手工制作甲类小土炮》——作者：ahao、《音箱DIY，一步一步跟我来》——作者：martin、《仿"高文Goldmund"前级安装》——作者：diy搞搞者。本刊记者对获奖选手进行了专访，并组织他们撰写文章，与广大音响DIY爱好者在此分享他们的成果。

多声道功放的设计及制作

文/陈金瓶

写在最前面：我不是什么高手，严格地说也算不上发烧友，只是爱好音乐、喜欢动手而已。这次应《无线电》杂志约稿写下这篇心得，希望通过这些文字的堆砌，可以给您带去一点儿快乐、一点儿启迪。因个人能力所限，文中难免言误，恳请各位看客海涵。

看过很多功放类的制作文章，大多以谈电路、谈元件、谈听感为主，鲜有着重谈设计思想的。愚以为：那些纯粹的技术文章，虽然写得很详尽和严谨，很值得认真阅读和学习，但多少显得死板和雷同，无法给人以拓展和遐想的空间。还有些配文套件，看似便民，实则是把爱好者的思考能力、创造能力抹杀殆尽了，使得人人都成为了焊接工，随之滋生的是依赖与惰性，扼杀的是个性与创新，拿出来的作品千篇一律。其实我们每个人都不惜止步不前，永远都跟在别人后面"享受"拿来主义的方便！所以，我想就此次设计、制作五声道放大器的过程重点谈谈我的感悟与理解，希望能够活跃您的思路，激发您的才能，助您创造出有个性的、鲜活的作品，希望能促使您能在DIY的实践中，用自己的理念去改进，以现有的条件去创造完美！

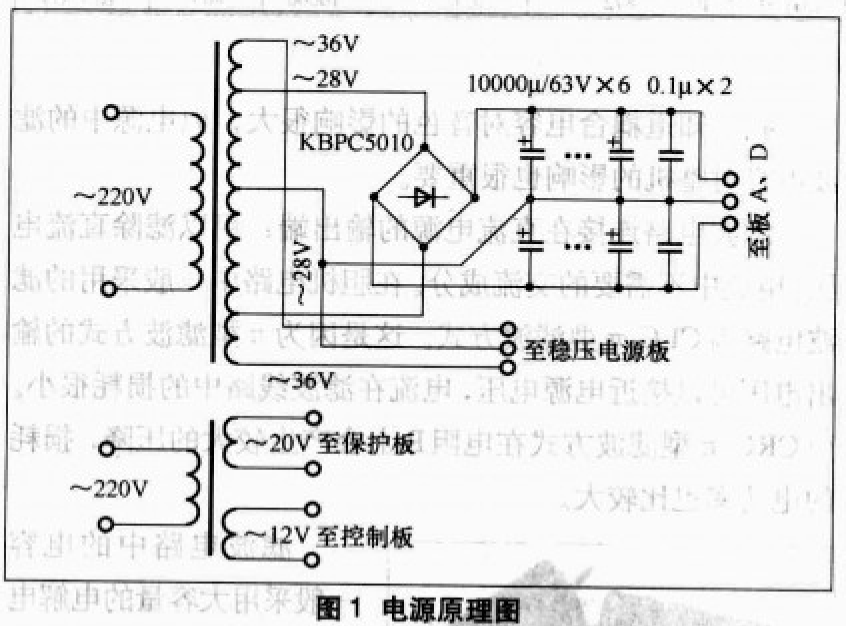


图1 电源原理图

一、梦想的开始——源自不满现状

在经历多年的积累之后，我意识到靠购买各种功能套件是难以在一个机箱里实现和谐统一的，如果打着"简约美"的旗号，摈弃某些功能电路，也许能实现原始的、朴素的统一，如果有超级强大的套件，从机箱到连线都一应俱全，也许能实现较为完美的统一。但是，这些手段都只是机械地重复以前的步骤，除了加强焊接技巧，还有什么乐趣与意义？这早已满足不了

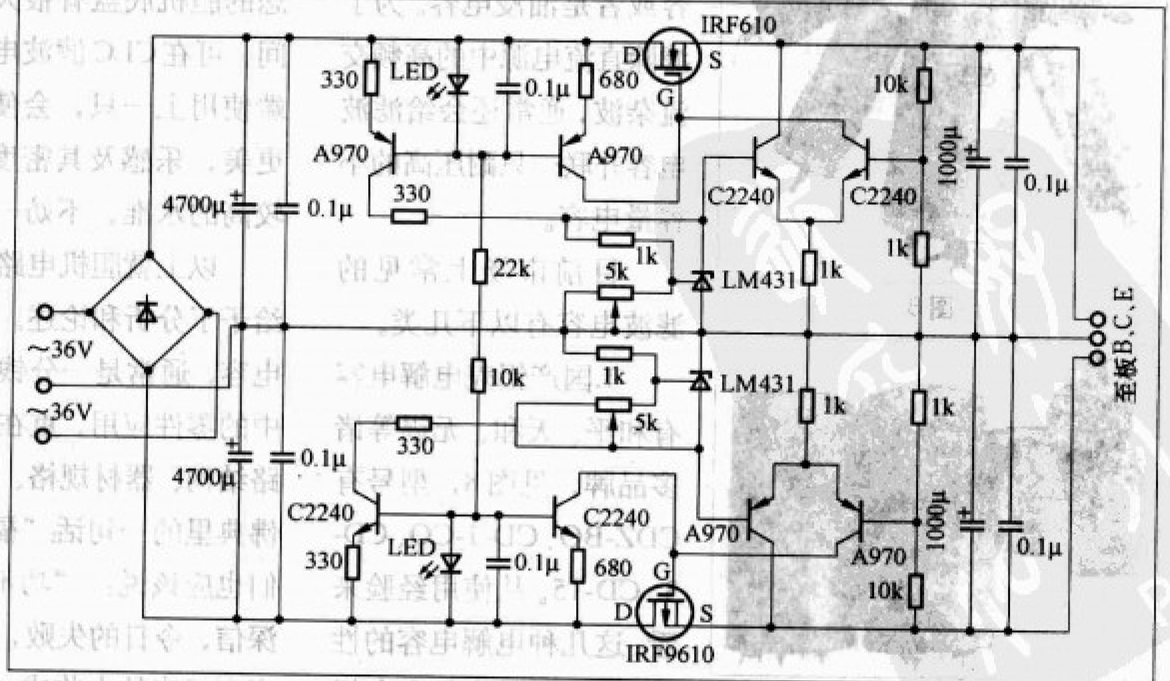


图2 稳压电源原理图

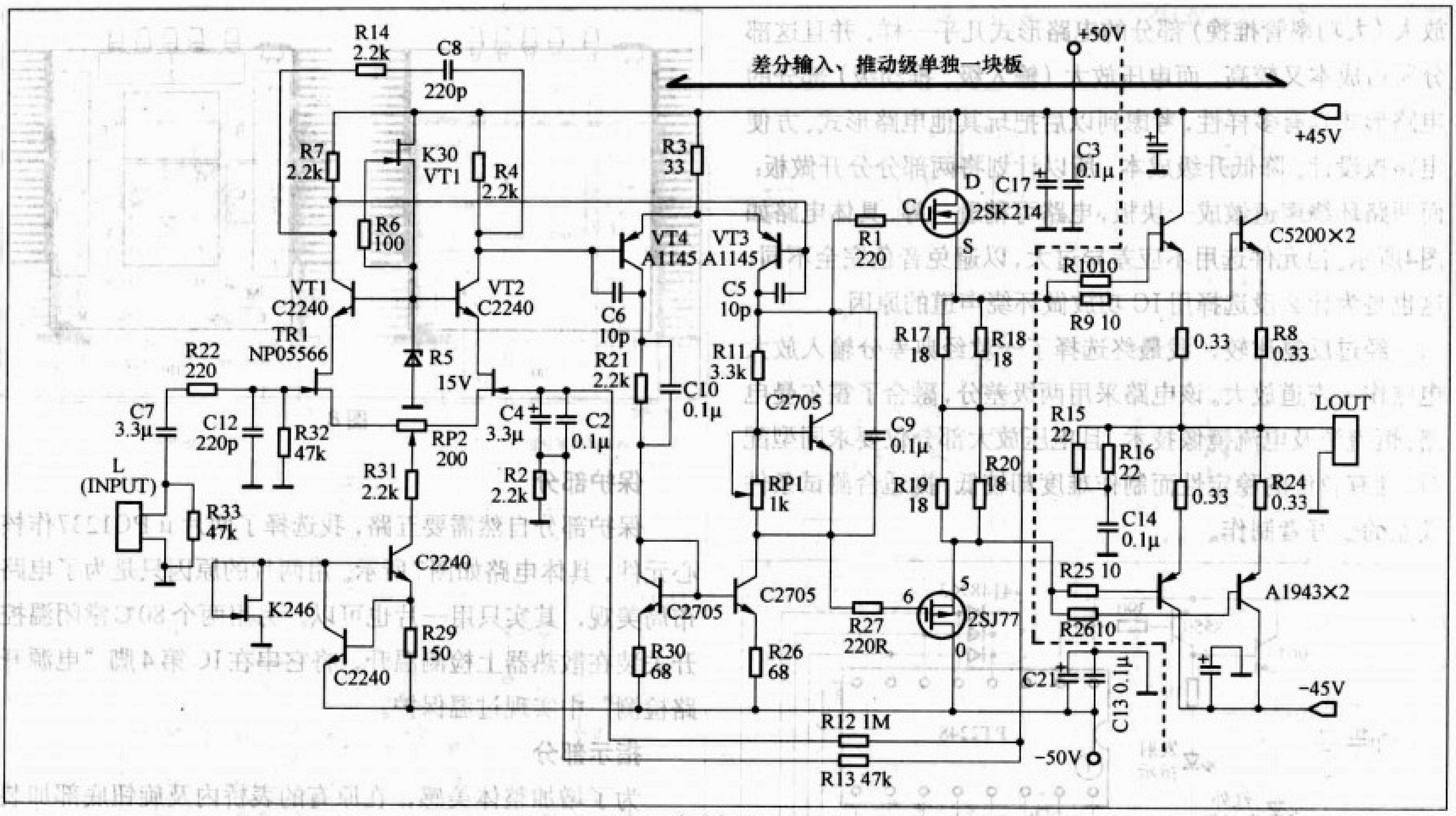


图3 功放部分原理图

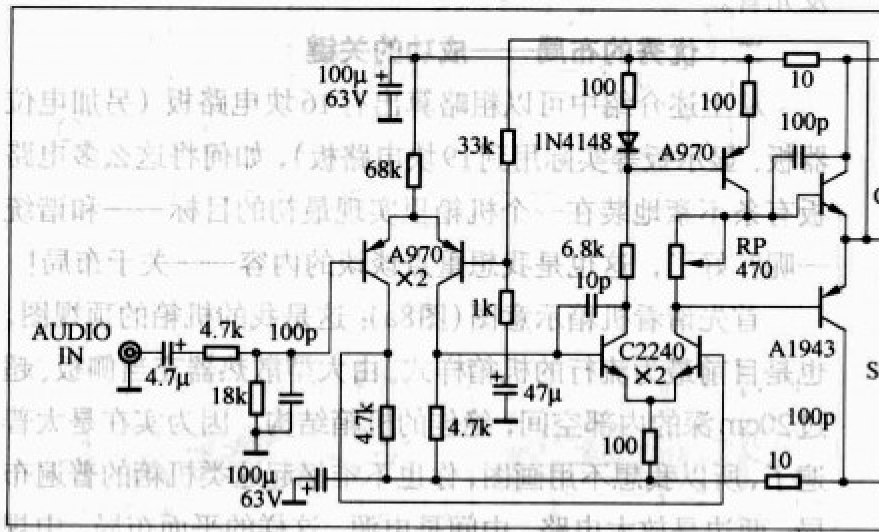


图4 环绕声电路原理图

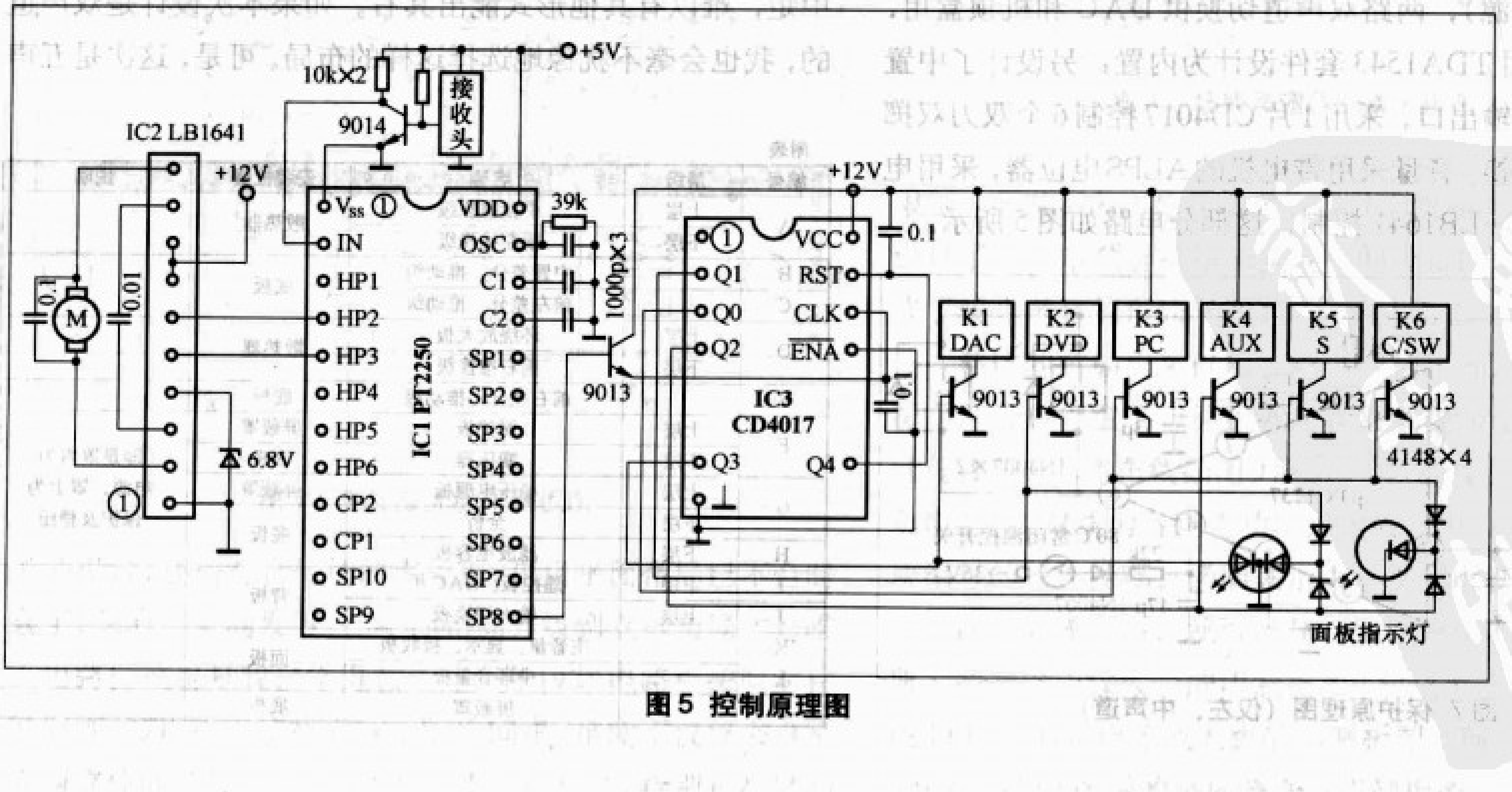


图5 控制原理图

我日益膨胀的制作欲望！所以，我决定打造这样一个家伙，它既要有较高素质的音乐还原，更要能满足多声道讯源的欣赏要求，也算是作一次全面自我检验吧！目标锁定，这部大作的雏形也基本浮现。

电源部分

电源电路如图1和图2所示，是整部机器的根源，这一部分一定要扎实。而电源部分电路相对单一，作一步到位的打算也未尝不可。设计为左右独立大电流供电，双路稳压电源供前级。变压器暂用一个，为方便今后升级考虑，预留出双环牛位置。保护及控制电路则另用一个10W变压器单独供应。

放大部分

放大部分采用五声道全分立放大，电路如图3所示。基本设计思路是前三声道占主导地位，电路应相同，由于电流

放大（大功率管推挽）部分的电路形式几乎一样，并且这部分所占成本又较高，而电压放大（输入级、推动级）部分的电路形式具有多样性，考虑到以后把玩其他电路形式、方便电路板设计、降低升级成本，所以计划将两部分分开做板；而两路环绕声道做成一块板，电路可稍逊一筹，具体电路如图4所示。但元件选用不应差异过大，以避免音色完全不同，这也是为什么没选择用IC功放做环绕声道的原因。

经过反复比较，我最终选择了一款经典差分输入放大电路作主声道放大。该电路采用两级差分，融合了霍尔曼电路、恒流源及电流镜像技术，且电压放大部分仅要求同型配对，拥有较优的稳定性而制作难度却较低，挺适合测试条件较差的爱好者制作。

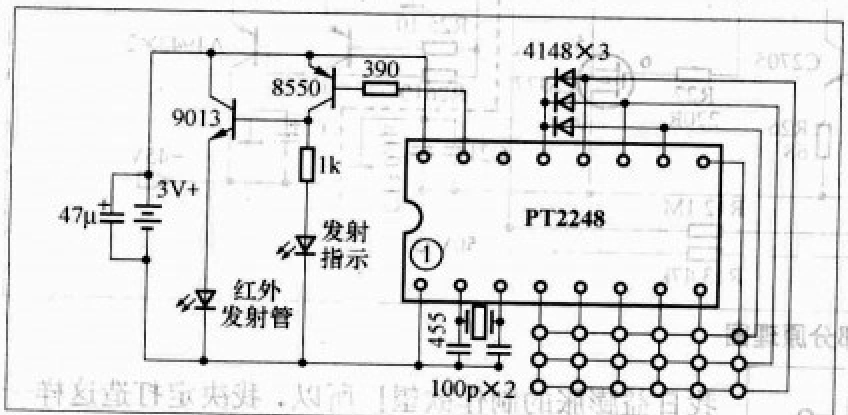


图6 遥控器原理图

控制部分

如果没有遥控，五声道是不是挺别扭呢？也见过很多单片机的遥控电路，但我想大多数爱好者应该跟我一样没条件玩单片机吧？所以我选择了遥控专用接收IC-PT2250、发射IC-PT2248来完成这个工作，具体电路如图5所示。该电路拥有6路电平、10路脉冲和2路反相输出端，稍加修改外围元件即可实现多种电路的驱动和控制。信源切换部分共设计四路，两路5.1声道切换供DVD和HTPC用（重低音仅切换信源），两路双声道切换供DAC和机顶盒用，DAC电路采用TDA1543套件设计为内置；另设计了中置声道及重低音输出口，采用1片CD4017控制6个双刀双掷继电器实现切换。音量采用带电机的ALPS电位器，采用电机控制专用IC-LB1641控制，这部分电路如图5所示。

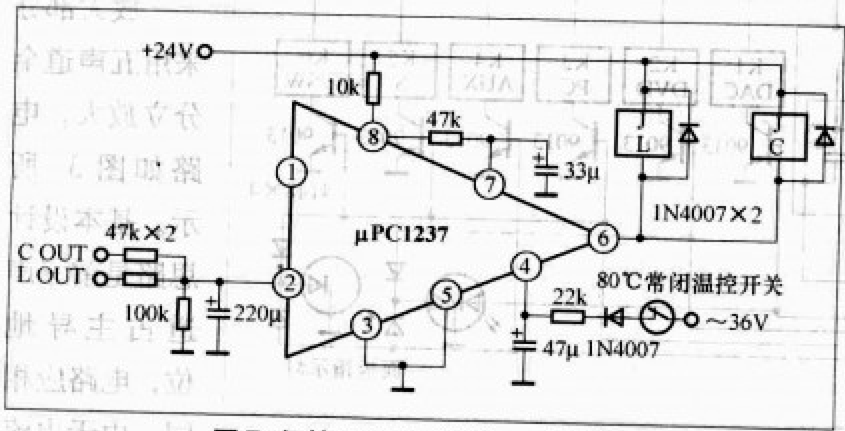


图7 保护原理图（仅左、中声道）

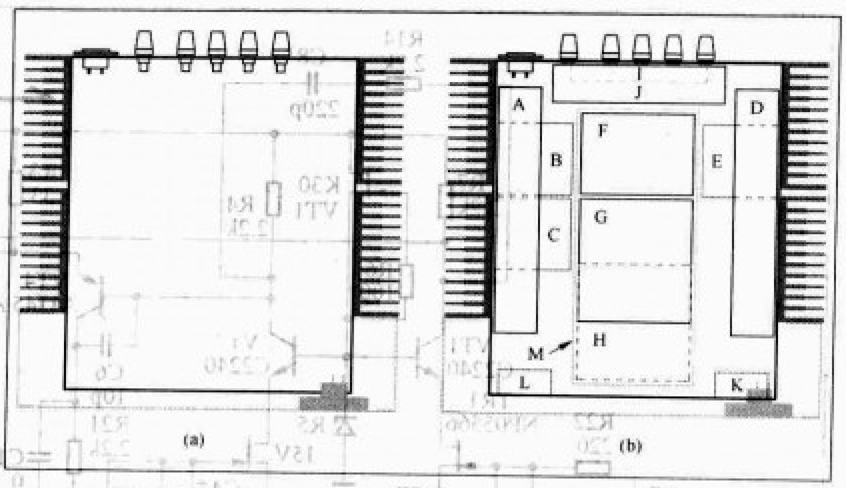


图8

保护部分

保护部分自然需要五路，我选择了两片μPC1237作核心元件，具体电路如图7所示。用两片的原因只是为了电路布局美观，其实只用一片也可以。另用两个80℃常闭温控开关装在散热器上检测温升，将它串在IC第4脚“电源开路检测”中实现过温保护。

指示部分

为了增加整体美感，在原有的表桥内及旋钮底部加装发光管。

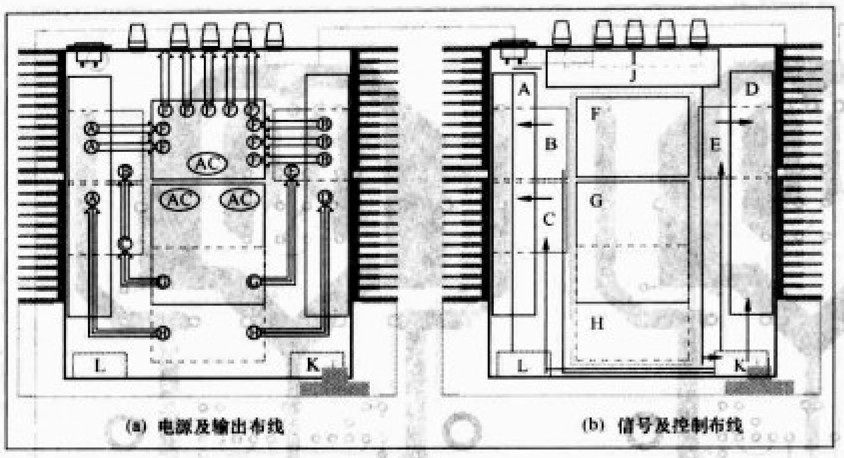
二、优秀的布局——成功的关键

从上述介绍中可以粗略算出有16块电路板（另加电位器板、显示板等实际用到19块电路板），如何将这么多电路板有条不紊地装在一个机箱里实现最初的目标——和谐统一呢？好了，这也是我想重点谈谈的内容——关于布局！

首先请看机箱示意图（图8a）：这是我的机箱的顶视图，也是目前最为流行的机箱样式。由大型散热器充当侧板、超过20cm深的内部空间，绝佳的机箱结构！因为实在是太普遍了，所以我想不用画图，你也不难忆起这类机箱的普遍布局：两边是放大电路，中间是电源。这样的平面布局，中规中矩，难以有其他形式能出其右。如果本次设计是双声道的，我也会毫不犹豫地选择这样的布局。可是，这次是五声

附表

编号	层级	名称	安装位置	说明
A	上层	中置推挽级	散热器	
	下层	前左推挽级		
B		中置差分、推动级	底板	
C		前左差分、推动级		
D	上层	环绕放大板	散热器	
	下层	前右推挽级		
E		前右差分、推动级	底板	
F	上层	保护板	屏蔽罩	即是罩内为电源，罩上为保护及稳压
	下层	变压器	底板	
G	上层	稳压电源板	屏蔽罩	
	下层	全桥	底板	
H	下层	滤波电容板		
I	下层	遥控板、DAC板	背板	
J	上层	输入切换板		
K		主音量、显示、接收板	面板	
L		中环音量板		
M		屏蔽罩	底板	



(a) 电源及输出布线 (b) 信号及控制布线

图 9

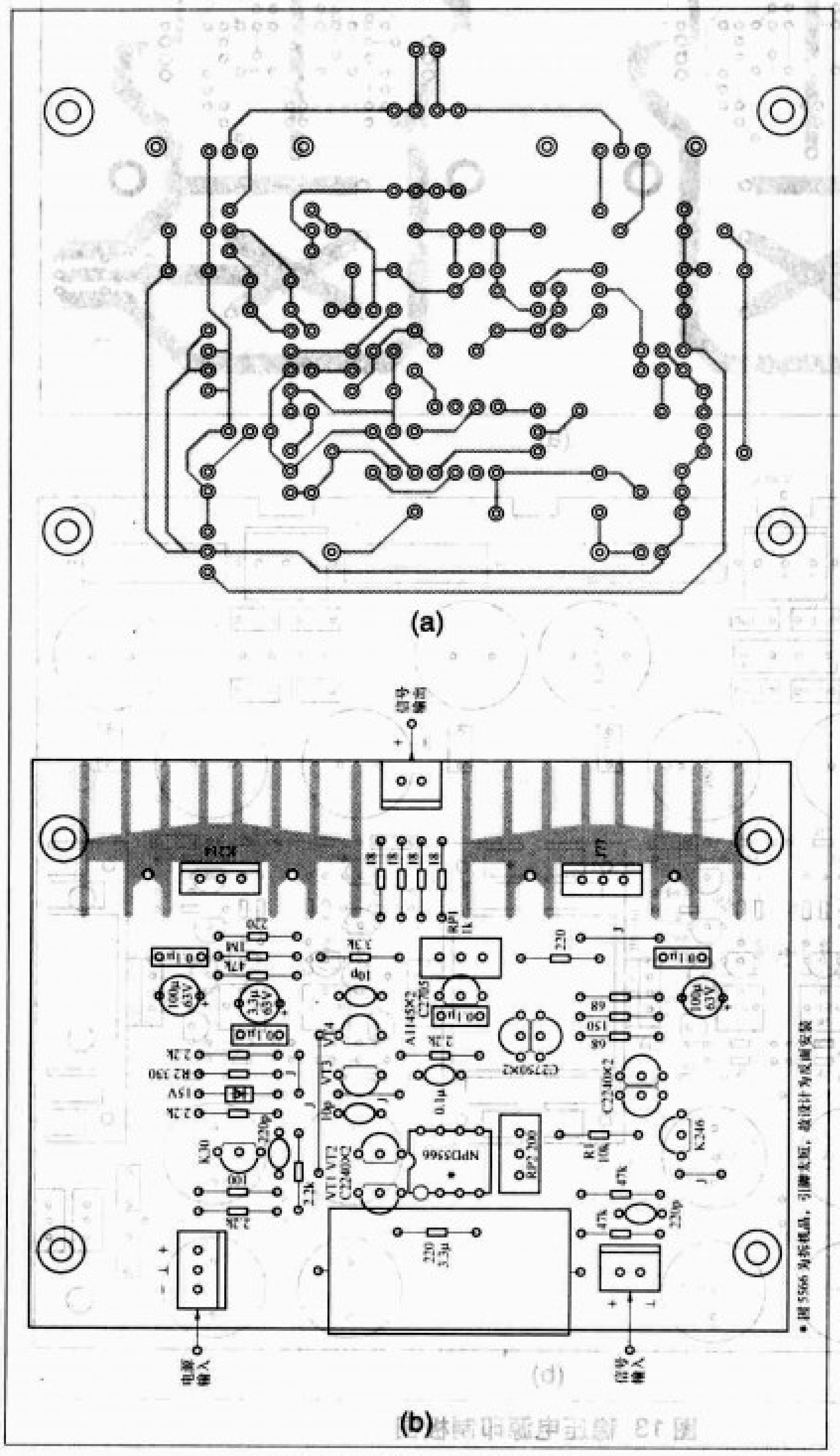


图 10 电压放大级印制板图

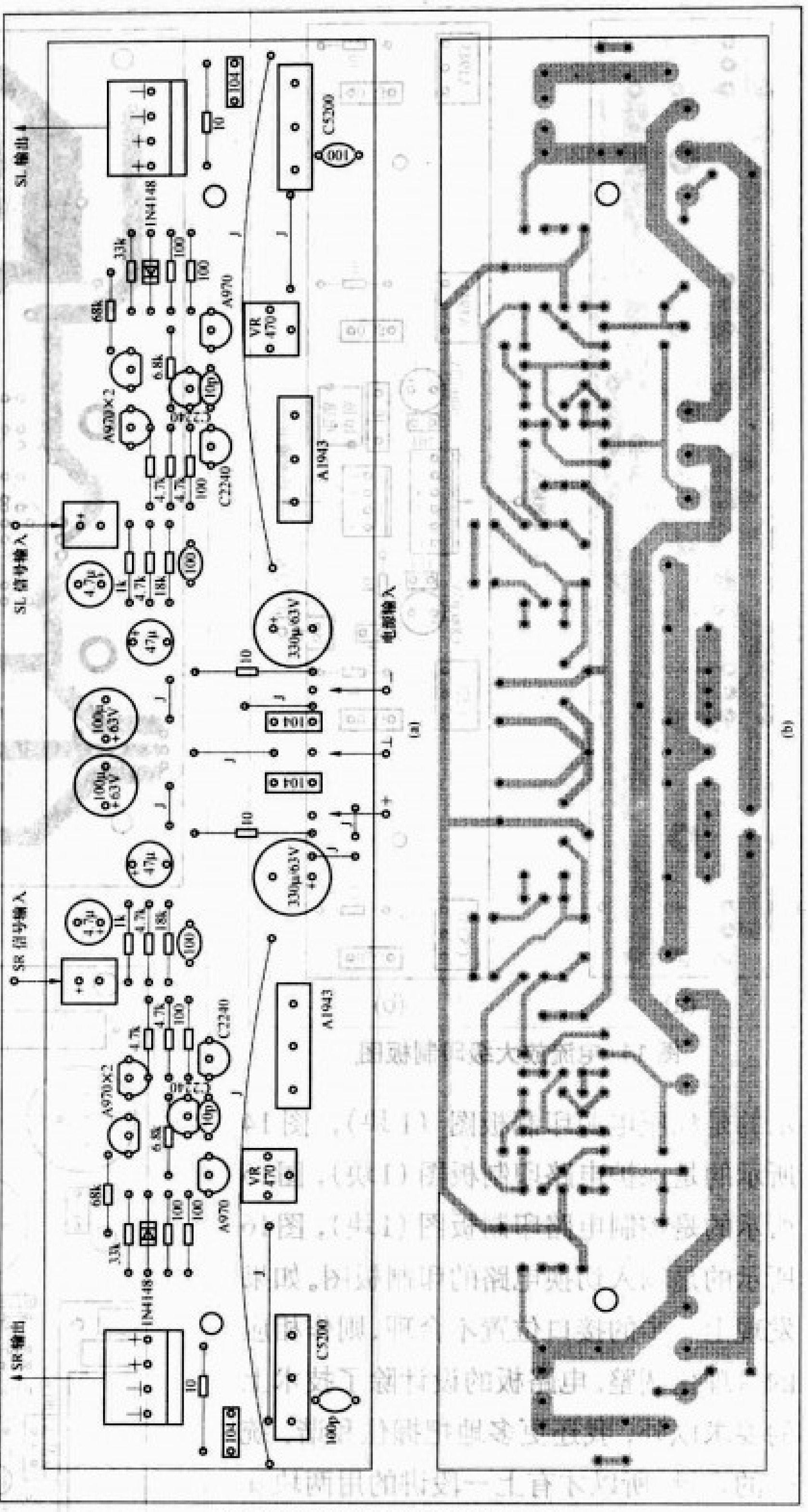


图 12 环绕声道印制放大板图

道的设计，还得符合传统的审美观，想用平面布局已不合时宜了，只有向空间发展，由平面布局升级到立体布局才是唯一出路！这也是我自觉得意之处，将19块电路板按照对称的原则，多层级地安排在狭小的空间里，难度不仅仅来自平面与立体的差异，更难的还在于受元件尺寸，特别是高度的限制，不得不多次作出取舍，设计图更是一改再改。最终，设计了一个电源屏蔽罩来实现中间位置的多层级安装才完成了较为满意的布局（图8b），图中各部分说明见附表。

整体的布局出来以后，就可以初步确定板间连线在各板上的接口位置了，原则就是在最顺眼的位置尽量短的设计连接线，具体布线如图9所示。布线图注释：三线表示正负电源线，双线为各声道功率输出线，圆中的字母表示由哪块编号的板连至哪。椭圆表示由下层到上层。

这步完成之后，就可以开工设计每块电路板了，图10所示的是电压放大级的印制板图（前三声道相同，共3块），图11所示的是电流放大级的印制板图（前三声道相同，共3块），图12所示的是环绕声道印制板图（1块），图13所

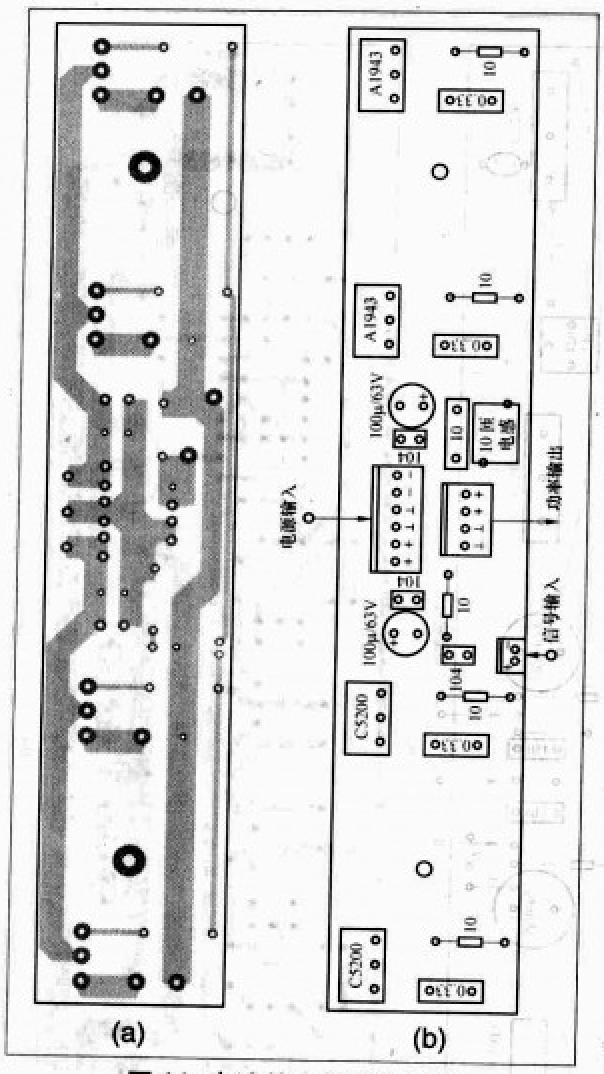


图 11 电流放大级印制板图

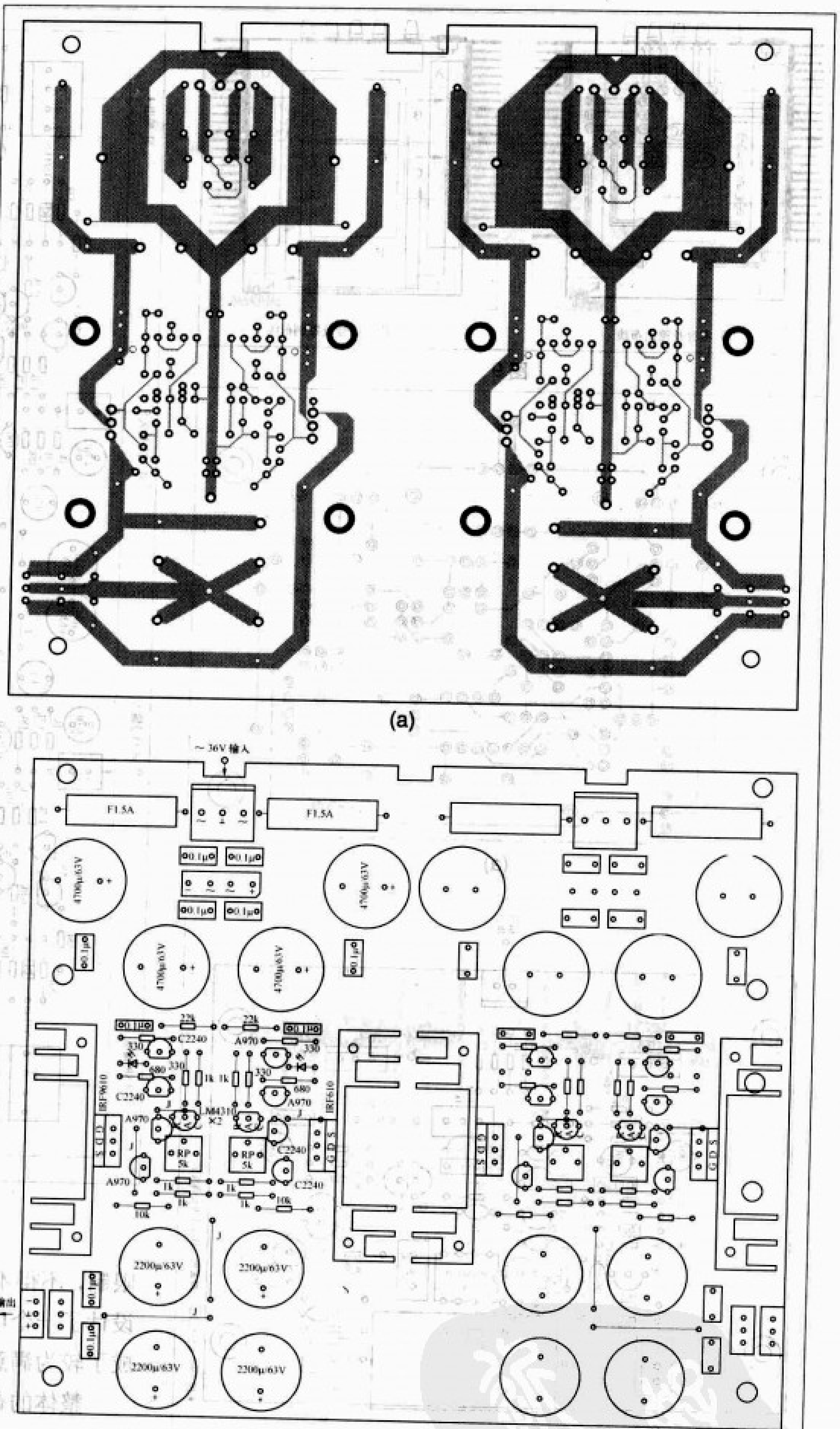


图 13 稳压电源印制板图

示的是稳压电源印制板图（1 块），图 14 所示的是保护电路印制板图（1块），图15 所示的是控制电路印制板图（1块），图16 所示的是输入切换电路的印制板图。如果发现上一步的接口位置不合理，则作相应的合理化调整。电路板的设计除了技术上的要求以外，我还更多地把握住和谐、统一的宗旨，所以才有上一段讲的用两块 μPC1237 做保护电路了。

布局设计的时候，还应尽量预计到今后的升级。因为人总是会不满足的，当您不满足的时候，如果要全盘重来是不是很浪费、很痛苦呢？所以，我不但预留出了增加环牛的位置，还预留出了前级放大的安装孔位，遥控部分也预留出了静音、遥控开关机、中置环绕声道关断的控制接口。

三、漫长的快乐——制作调试

因为所有电路板都是自制，工作也很忙，所以耗费了很长的时间进行制作调试，其间不乏遇到很多困难与挫折，也得到了朋友们的帮助与支持，可谓是充分享受了过程的愉悦！具体的制作过程在这里我就不多说了，提醒几点容易被初哥忽略的地方：焊装前应将 RP2 调至中点位置，RP1 调到最大，这一步骤在接下来的调试环节可起到事半功倍的作用；VT8 要与功率管装在同一散热器上才能实现温度补偿；而推动管 K214/J77 因是场管，具负温度特性，所以须独立安装散热器。

功放的调试其实是很简单的，但是要把简单的事重复

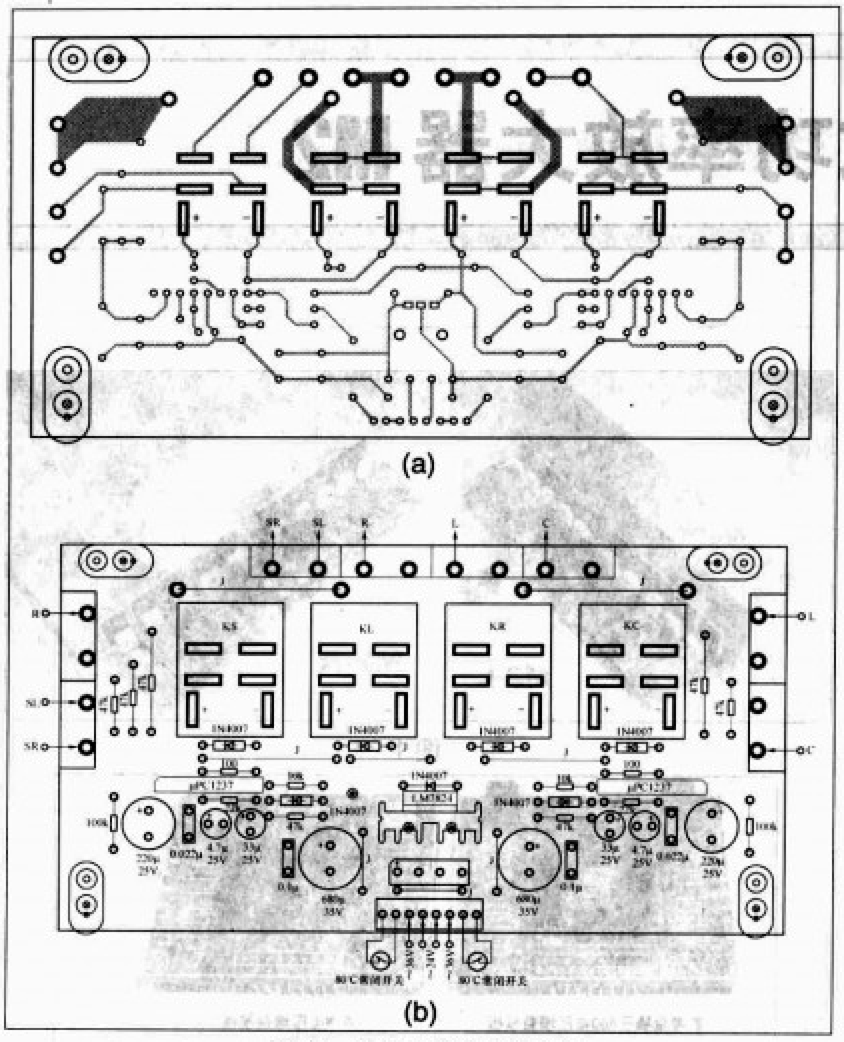


图 14 保护电路印制板图

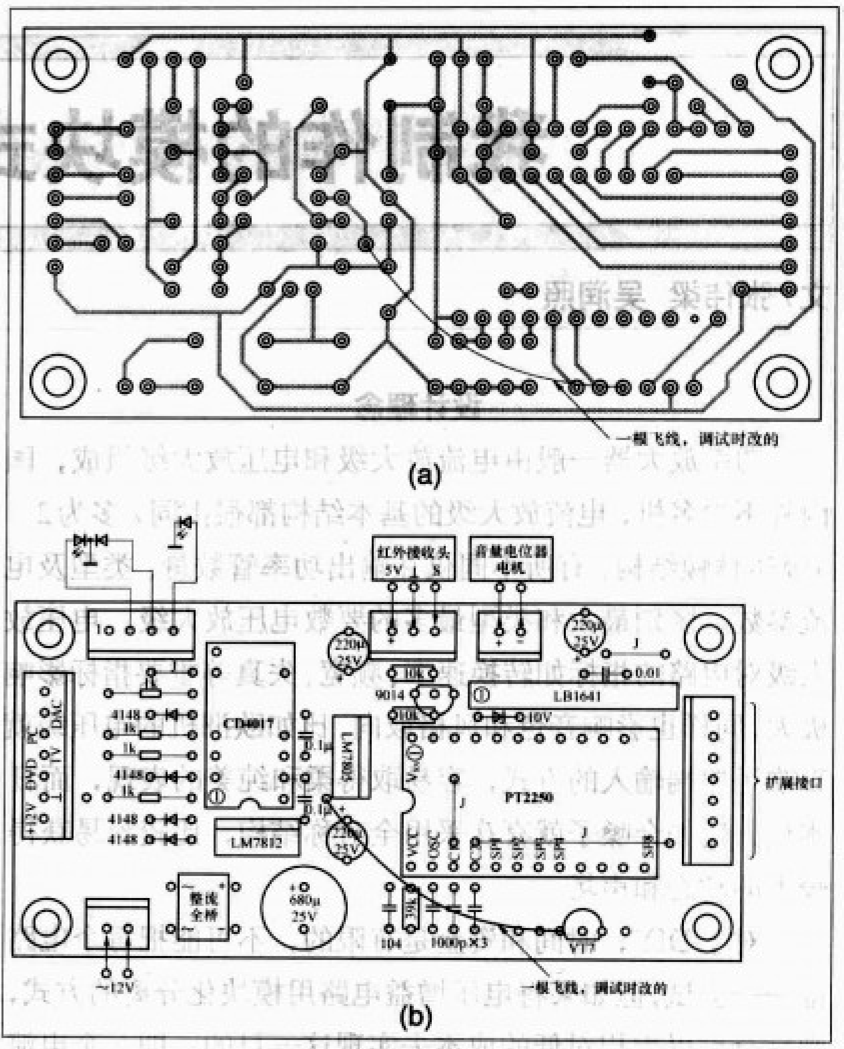


图 15 控制电路印制板图

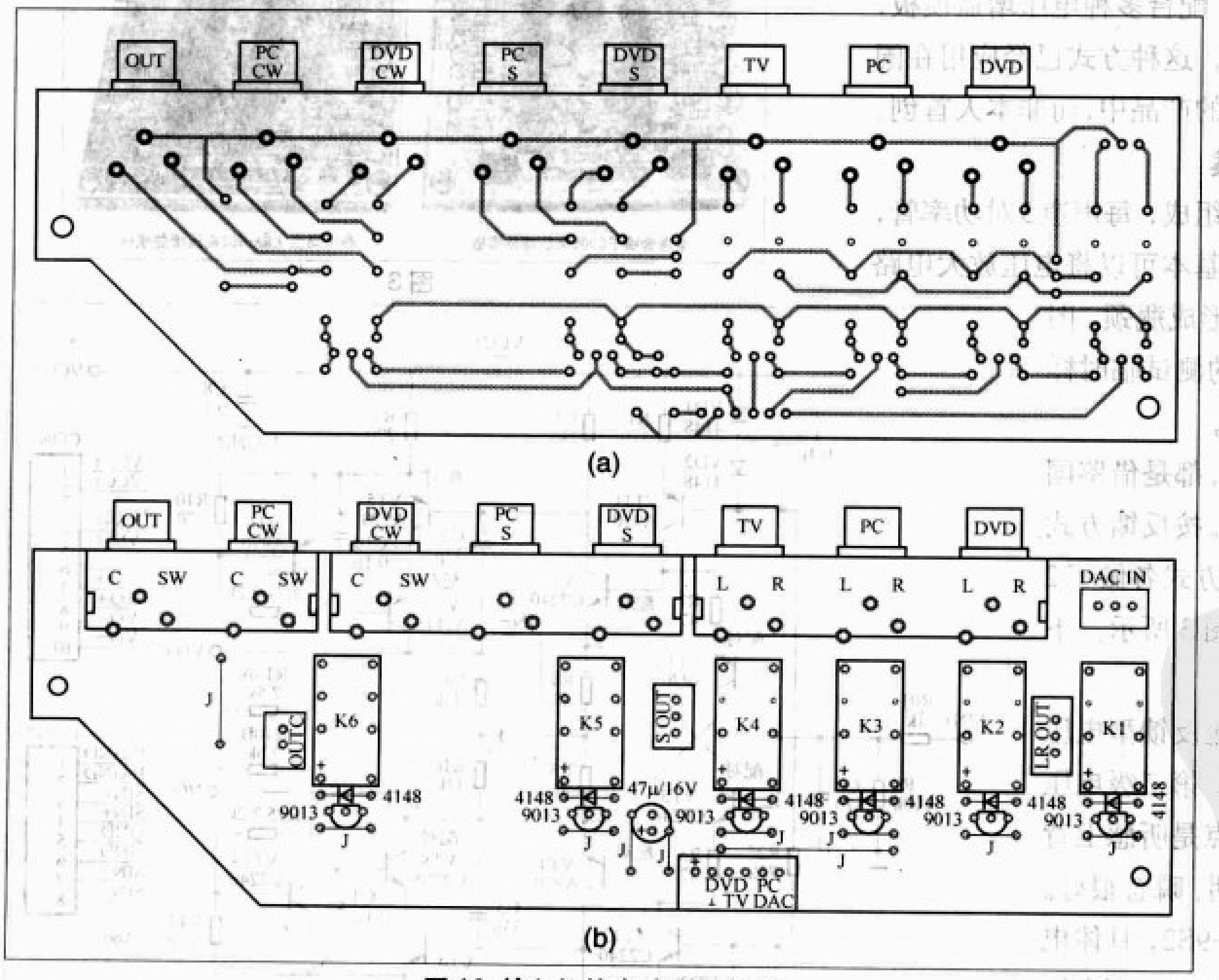


图 16 输入切换电路印制板图

很多次，也就变得不简单了！本机的调试分三步进行：首先逐一测试电源、保护板、遥控板等功能板块；然后再独立测试电压放大级板块，跟着加上电流放大级、加上信号再测试整个放大电路；最后总装再测试。重点讲讲放大部分的调试吧：为防止意外造成损失过大，测试时我用的是一个输出双25V交流的小变压器加上两个2A保险管及整流滤波作为电源供应。首先只接电压放大级，测K214/J77的输出是否正常，再测R1、R2两端电压，算出第一级、第二级差放电流是否为1mA和5mA；这步完成后再接上电流放大级加电测试，若无异常则调VR2使输出端近0V，调RP1使0.33Ω电阻两端压降为33mV，这时末级静态电流为100mA，通电十多分钟，再测一下是否稳定后即可送入信号试听了。然后换变压器，将电压加到±45V，再测上述各点值，同时逐步调整RP1，加大末级静态电流，如此往复几次不出什么意外的话就算大功告成了。

我制作的模块式功率放大器M2

文/张伟梁 吴润照

设计理念

功率放大器一般由电流放大级和电压放大级组成，国内外不少名机，电流放大级的基本结构都很雷同，多为2~3级达林顿结构，有所不同仅在输出功率管数量、类型及电流参数。区别最大和类型最多的要数电压放大级，电压放大级对电路的指标如转换速率、频宽、失真等重要指标影响极大，同样也影响音色和风格取向，比如欧洲机的电压级就喜欢用单端输入的方式，容易取得柔和纯美的表现，而日本机，比如金嗓子就喜欢采用全对称结构，比较容易获得较大的动态和声场。

对于DIY，时间和资金是有限的，不可能把每个电路都一一尝试，但如果将电压增益电路用模块化分离的方式，则完全可以用相对低的成本去实现这一目的，即一个电流母板，通过用插座（可插拔形式）配合多种电压增益模板，去实现不同电路带来的不同风格。这种方式已经应用在国外很多机型和国内某一知名人士的产品中，而非本人首创。

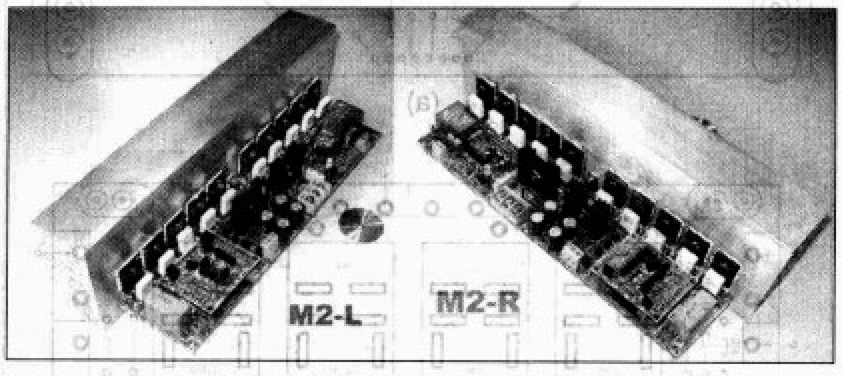


图1

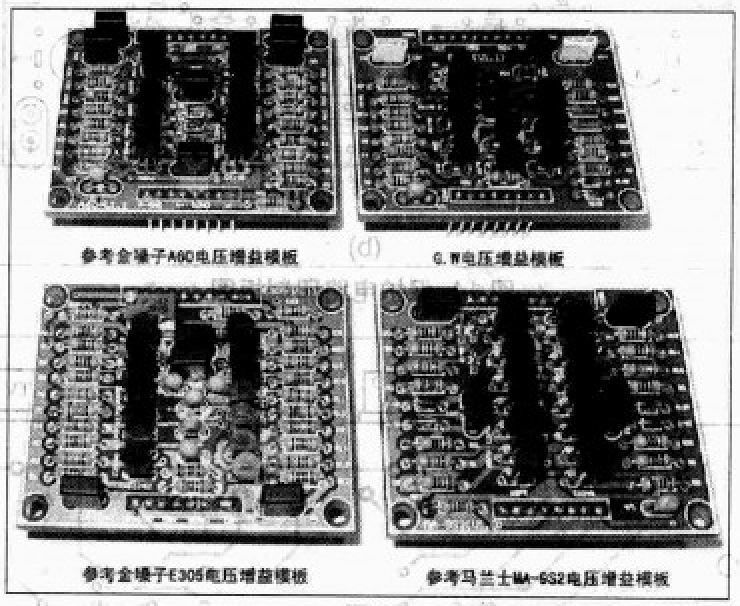

参考金嗓子A60电压增益模板 G.W电压增益模板
参考金嗓子E305电压增益模板 参考马兰士MA-6S2电压增益模板

图3

设计方案

电流放大母板由三级达林顿组成，每声道5对功率管，带直流伺服，采用无大环反馈，基本可以将电压放大电路的特性比较完全地体现出来，不形成瓶颈。图1所示的是M2电流母板装机前的测试临时样板，图2所示的是其电路原理图。

电压增益模块共制作了4种，都是借鉴国内外比较成熟和经典电路开发的。按反馈方式分电压反馈和电流反馈，我每种方式各做了2种电压增益模块，他们的外形如图3所示。下面简要讲述它们的特点。

A60：参考金嗓子A60的电流反馈型电压增益模块，具体电路如图4所示。第二级电压放大采用共基共射输出。它的特点是听感上背景宁静、分析力强、线条刻划明朗、瞬态很好。

MA-9S2：参考马兰士MA-9S2，具体电路如图5所示。它输入采用HDAM ，而电压放大级采用镜流传输，理论上有更好的阻抗匹配，听感上低频宽松、弹力十足，风格上仍属于现代型。

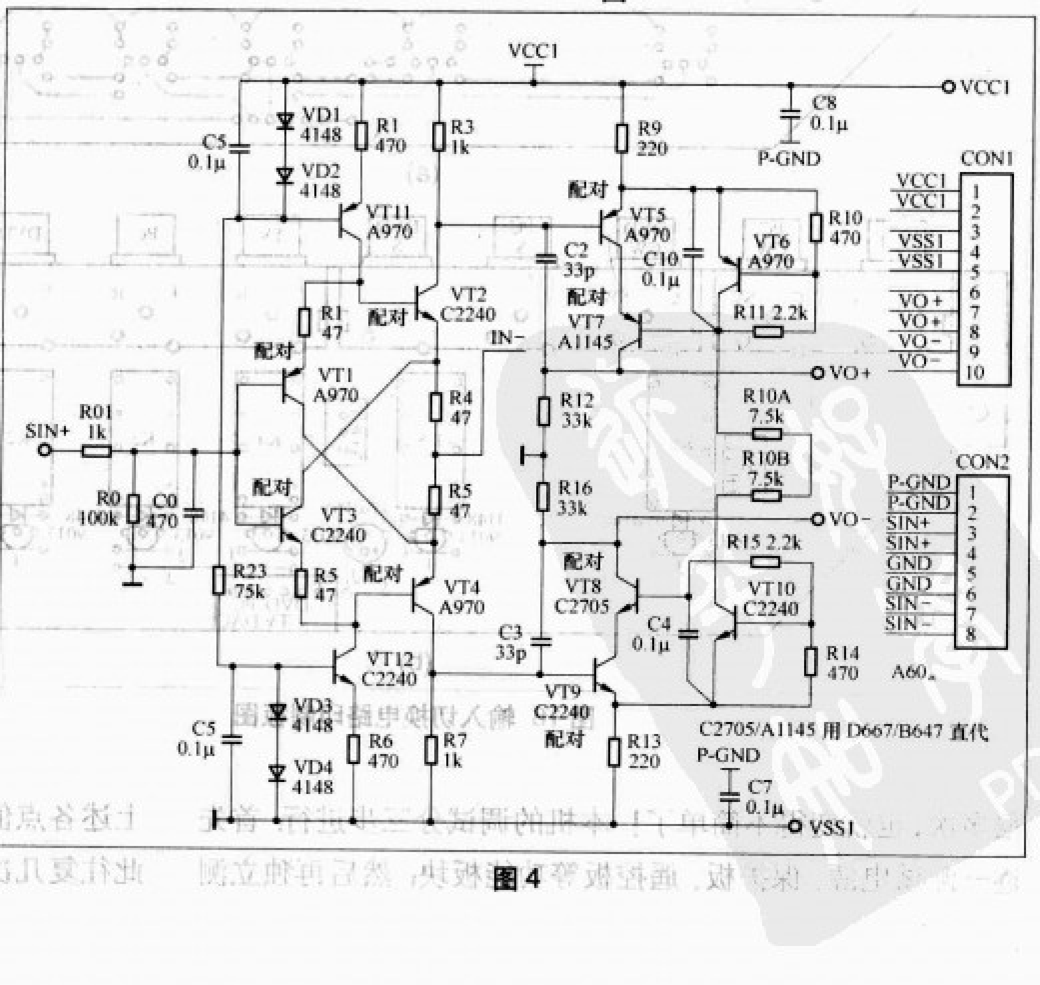
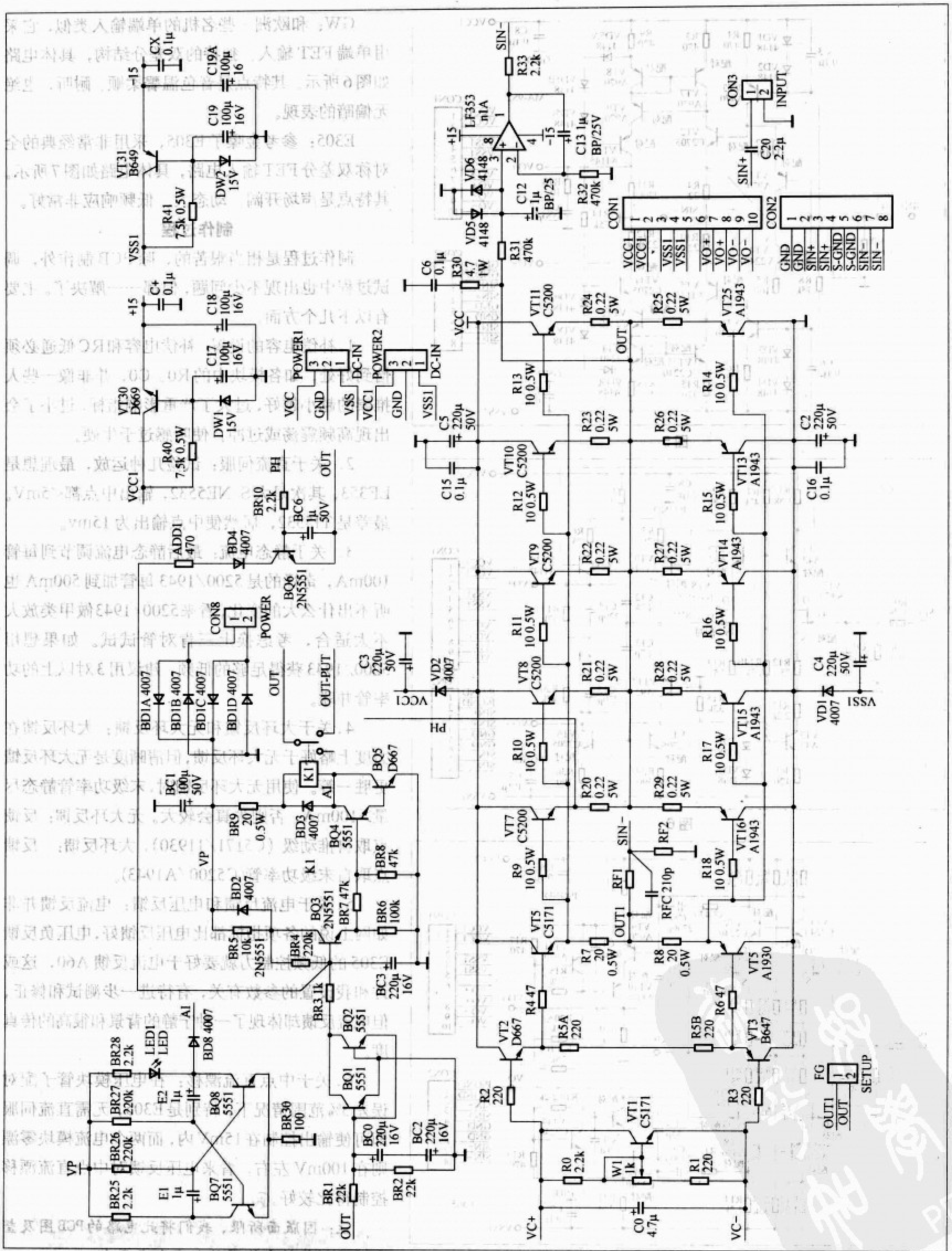


图4


CX 0.1μ
-15
C19A 100μ 16
C19 100μ 16V
VT31 B649
DW2 15V
R41 7.5k 0.5W
VSS1
C+ 0.1μ
+15
C18 100μ 16V
C17 100μ 16V
VT30 D669
DW1 15V
R40 7.5k 0.5W
VCC1
POWER1
DC-IN
VCC GND VSS
POWER2
VCC1 GND VSS1
BR10 2.2k
BC6 1μ 50V
PH
OUT
ADD1 470
BD4 4007
BQ6 2N5551
CON8
POWER
BD1A 4007
BD1B 4007
BD1C 4007
BD1D 4007
OUT
OUT-PUT
BC1 100μ 50V
BR9 20 0.5W
BD3 4007
K1
A1
BQ5 D667
BQ4 5551
VP
BR8 47k
BD2 4007
BQ3 2N5551
BR7 47k
BR6 100k
BR5 10k
2N5551
BR4 220k
BC3 220μ 16V
BR3 1k
BQ2 5551
BQ1 5551
A1
BD8 4007
LED1 LED
BR28 2.2k
BR27 220k
E2 1μ
BQ8 5551
BR30 100
BR26 220k
BR25 2.2k
E1 1μ
BQ7 5551
BC0 220μ 16V
BC2 220μ 16V
BR1 22k
BR2 22k
OUT
SIN-
R33 2.2k
LF353 n1A
+15
-15
C13 1μ BP/25V
VD6 4148
VD5 4148
C12 1μ BP/25
R32 470k
R31 470k
C6 0.1μ
R30 4.7 1W
CON3
INPUT
C20 22μ
SIN+
CON1
VCC1 VCC1 VSS1 VSS1 VO+ VO+ VO- VO-
CON2
GND GND SIN+ SIN+ S-GND S-GND SIN- SIN-
VCC
VT11 C5200
R24 0.22 5W
OUT
R25 0.22 5W
VT25 A1943
R13 10 0.5W
R14 10 0.5W
C5 220μ 50V
C15 0.1μ
VT10 C5200
R23 0.22 5W
R26 0.22 5W
VT13 A1943
C2 220μ 50V
C16 0.1μ
R12 10 0.5W
R15 10 0.5W
VT9 C5200
R22 0.22 5W
R27 0.22 5W
VT14 A1943
R11 10 0.5W
R16 10 0.5W
C3 220μ 50V
VD2 4007
VCC1
C4 220μ 50V
VD1 4007
VSS1
VT8 C5200
R21 0.22 5W
R28 0.22 5W
VT15 A1943
PH
R10 10 0.5W
R17 10 0.5W
VT7 C5200
R20 0.22 5W
R29 0.22 5W
VT16 A1943
SIN-
RF2
RF1
RFC 210p
R9 10 0.5W
R18 10 0.5W
VT5 C5171
OUT1
R7 20 0.5W
R8 20 0.5W
VT5 A1930
R4 47
R6 47
VT2 D667
R5A 220
R5B 220
VT3 B647
R2 220
R3 220
FG
SETUP
OUT1 OUT
VT1 C5171
R0 2.2k
W1 1k
R1 220
C0 4.7μ
VC+
VC-
图2

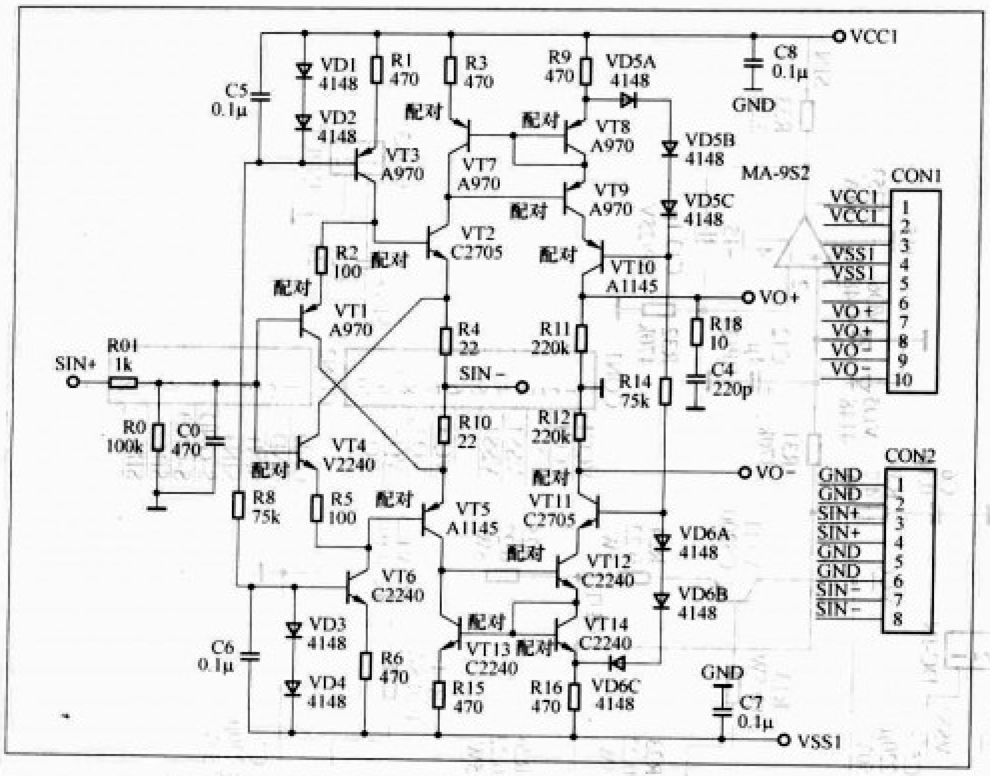


图5

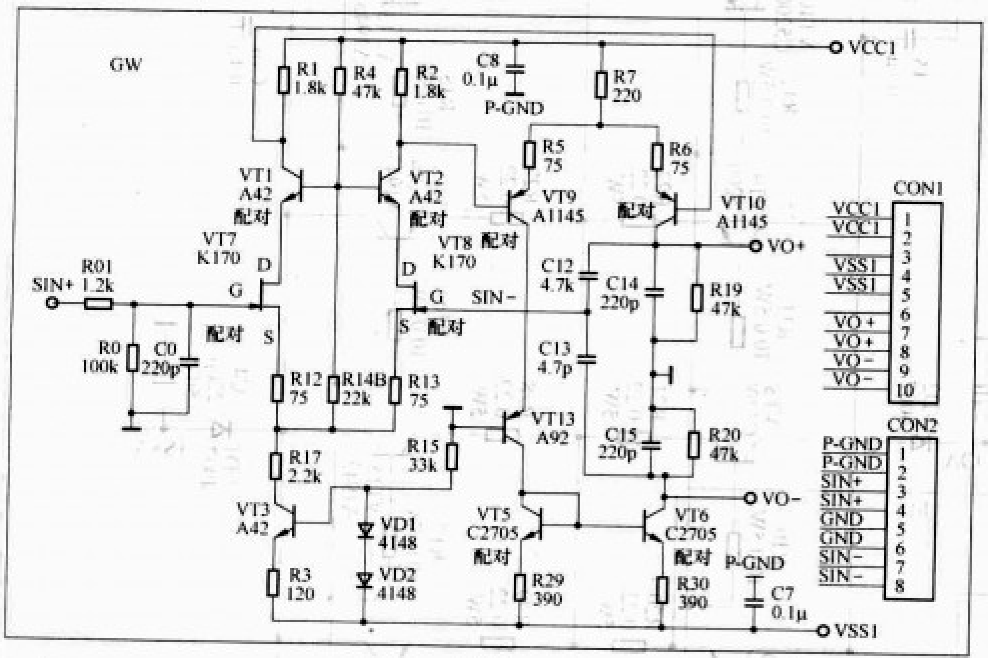


图6

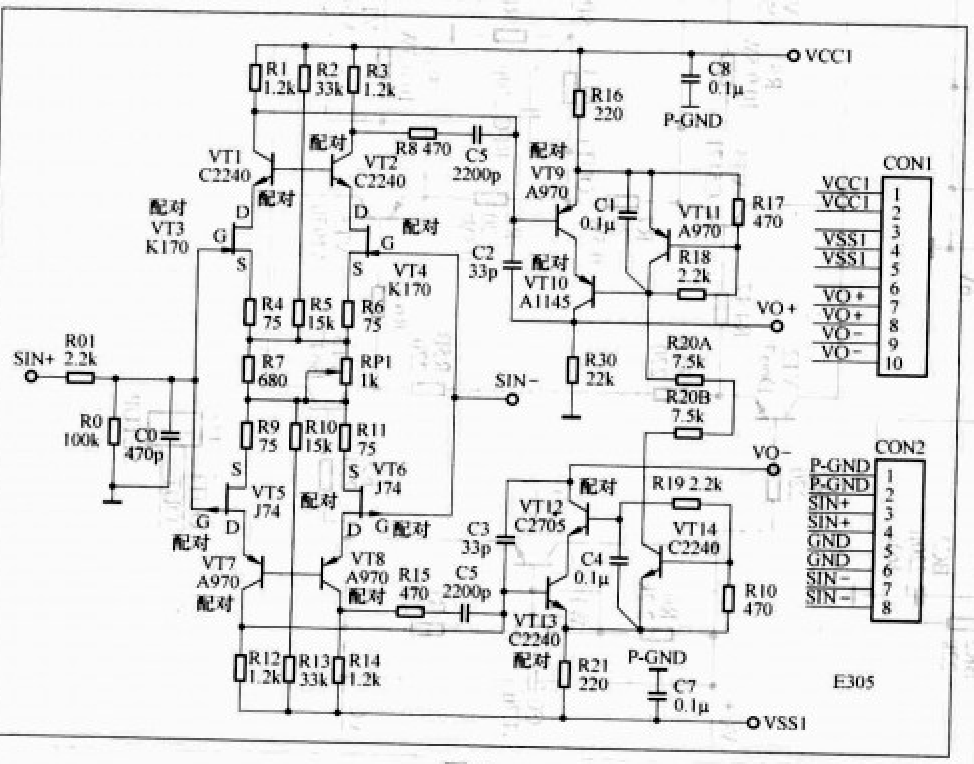


图7

GW：和欧洲一些名机的单端输入类似，它采用单端FET输入、独特的双差分结构，具体电路如图6所示。其特点是音色温馨柔顺、耐听，也绝无偏暗的表现。

E305：参考金嗓子E305，采用非常经典的全对称双差分FET输入电路，具体电路如图7所示。其特点是声场开阔、动态大、低频响应非常好。

制作过程

制作过程是相当艰苦的，除PCB制作外，调试过程中也出现不少问题，但都一一解决了。主要有以下几个方面。

1.补偿电容的设置：补偿电容和RC低通必须恰到好处，如各模块中的R0、C0，并非像一些人推崇的越小越好，过大了严重影响指标，过小了会出现高频震荡或过冲，使听感过于生硬。

2. 关于直流伺服：试验几种运放，最理想是LF353，其次是大S NE5532，输出中点都<5mV。最差是TI5532，居然使中点输出为15mv。

3. 关于静态电流：最后静态电流调节到每管100mA，奇怪的是5200/1943每管加到500mA也听不出什么大的变化，看来5200/1943做甲类放大不太适合，考虑换上三肯对管试试。如果想用5200/1943获得足够的低频，建议用3对以上的功率管并联。

4.关于大环反馈和无大环反馈：大环反馈在力度上略好于无大环反馈，但清晰度是无大环反馈更胜一筹。使用无大环反馈时，末级功率管静态尽量>100mA，否则失真会较大。无大环反馈：反馈点取自推动级（C5171/11930），大环反馈：反馈点取自末级功率管(C5200/A1943)。

5.关于电流反馈和电压反馈：电流反馈并非如网上说的各项指标都比电压反馈好，电压负反馈E305的低频控制力就要好于电流反馈A60，这或许和我设置的参数有关，有待进一步测试和修正，但电流反馈却体现了一种宁静的背景和很高的传真度。

6.关于中点直流漂移：在电压模块管子配对误差3%范围情况下，特别是E305，无需直流伺服即可使输出控制在15mV内，而两个电流模块零漂则在100mV左右，看来电压反馈对中点直流漂移控制得比较好。

注：因版面所限，我们将此电路的PCB图及整个功放制作的实体图放入本期光盘中。

一款无环路反馈甲类功放的制作

文/高学锋

制作一款优秀的音频功率放大器一直是DIY发烧友们追寻的目标。众所周知，甲类放大器的效率较低，但其甜美的音色还是让众多音响爱好者向往。本文介绍的是一种无环路反馈的甲类功率放大器，它的最大输出功率为100W/8Ω。

一、制作思路

无环路反馈功率放大器的最大的缺点是存在较大的失真。为了尽可能的减少失真，达到与有环路反馈情况相同的效果，本放大器采用了以下几个方式进行了改善。一是减少级联的级数以改善高频听感；二是在第一级和第二级采用低失真的线路结构（如沃尔曼电路）及多管并联的结构；三是适当采用局部负反馈，但如果反馈过深会觉得声音发紧，而过浅会有较大失真而且声音发噪；四是采用小的增益，总增益不大于10。以低增益进一步减小因无环路反馈而带来的失真。增益如果不足可以靠前级补偿。应注意的是要用减少负载电阻的方法来实现低增益，不要采用加深负反馈的方法；五是直流伺服增益要适当（不要一味追求小的中点电压而采用较大的直流伺服增益，中点电压只要不高于50mV一般没有太大影响），最好采用以输入阻抗高的场效应管作为输入级的运放做伺服运放，如OP275等。本放大器仍采用传统的基本结构，由输入级、电压放大级、缓冲推动及电流放大级及电源控制部分和保护电路构成。

1.输入级与电压放大级

电路如图1所示。输入级采用日立发烧名管2SK170/2SJ74与2SD667/2SB647组成线性极好的共源共基线性放大电路（也称沃尔曼电路或者CASCODE电路）。输入级的主要作用是电平转移。输入级的静态电流由2SK170/2SJ74、R717、R718共同决定，根据2SK170/2SJ74的转移特性曲线这里取静态电流为5mA。

电压放大级也同样采用线性极佳的沃尔曼放大电路（采用了5对管并联的方式），这也是本放大器的特色，带来的好处是减小了电路的非线性失真。一个放大器中的主电压放大级承担着完成电压增益的任务。减小该级的非线性失真对整机指标有着重要的意义。根据如图2所示的晶体管特性曲线图可知，集电极电流(和发射极电流)受基极电流I_b的影响，也受集射电压V_{ce}的影响。那么减小电压放大级失真的主要方法相应有两种。

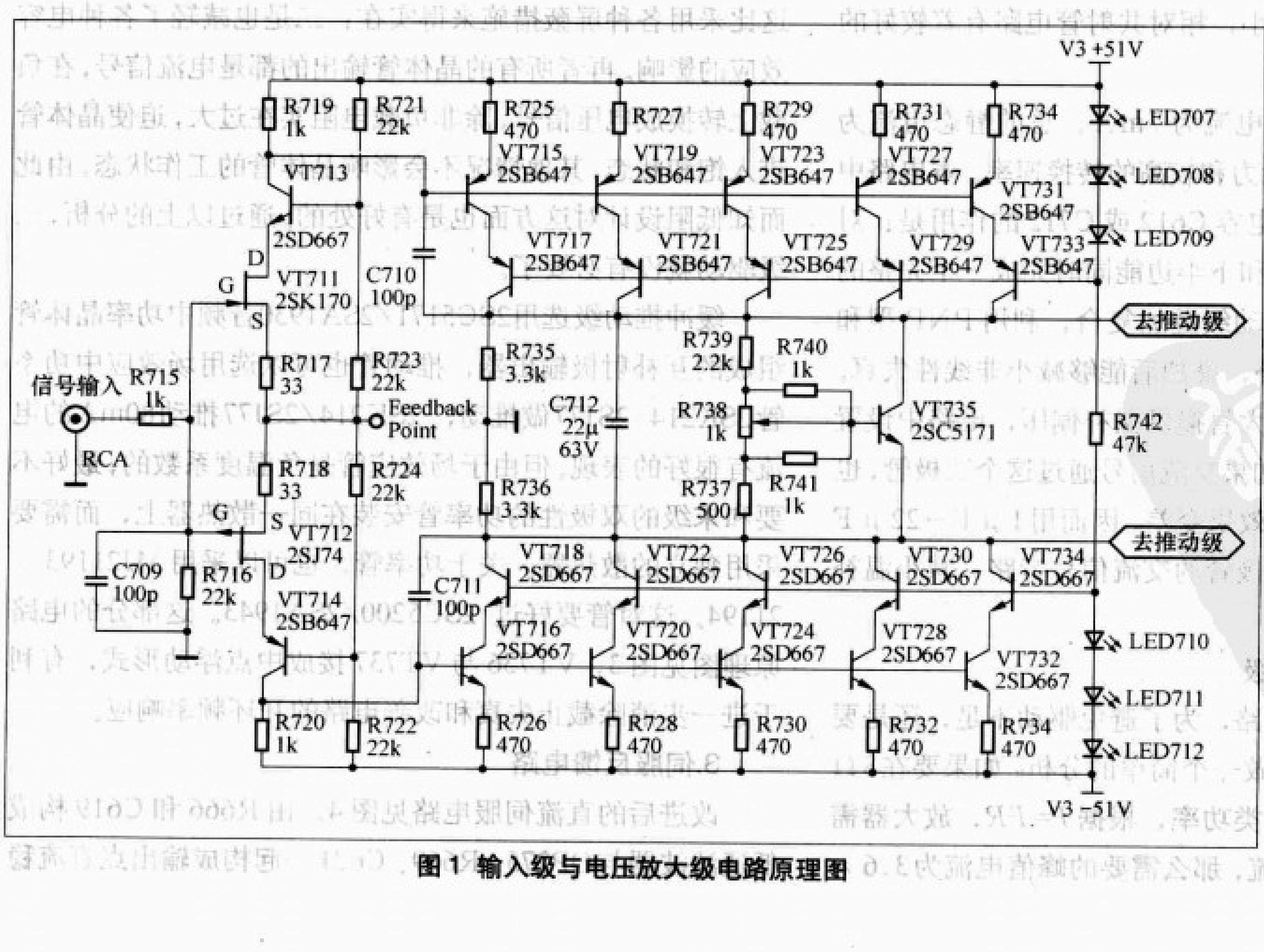


图1 输入级与电压放大级电路原理图

方法一：减小I_b的非线性失真。晶体管输入特性曲线告诉我们，I_b的非线性失真是由于PN结的非线性造成。要想减小I_b中的失真，一是要使直流工作点工作在PN结的最佳线性区域，这要用调整静态电流来做到；二是要尽量减小I_b的动态范围即变化幅度。为了既减小I_b幅度又保证电流增益，本放大级采用多路并联(五路并联)的电路结构，每路管的基极输入电流的幅度减小

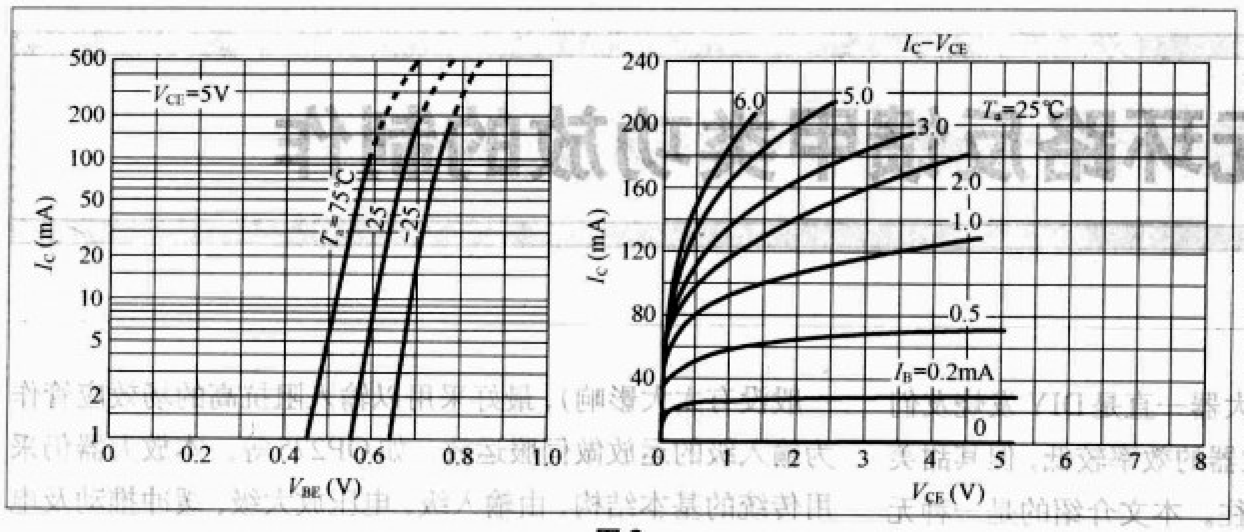


图2

1.414=5（A），于是每边放大管的静态电流就需2.5A，留一点点余量要稍大于2.5A，夸张点就取3A吧。如果末级功率管的电流放大倍数是50（一般情况都会大于50），那么工作在甲类的驱动级要给出60mA的静态驱动电流。其实这是最保守的估算。事实上，甲类功放的功率管会很快进入高温状态，可以做这样的情况估计，即使寒冷的冬天，晶体管温度不出1分钟就能达到100℃，几分钟内就能达到150℃。高温下管子的放大倍数通常都会增大、超过100，在采用多管并联的情况下一般能达到150。这时驱动级仅需给出20mA～40mA的驱动电流就可以了。这就是为什么有些甲类机一定要热机后声音才会好听、才会温暖。因为冷机时，驱动静态电流不足，导致大动态时，驱动级进入甲乙类，这时末级虽说是甲类，但输出的也是甲乙类的失真信号。假定驱动级静态电流是60mA，此时可以说大部分的中功率管的放大倍数都大于100，也就是说只需要不到1mA的激励电流就可以了，而几乎所有的电压放大级都能轻而易举地提供3mA的电流，因此再采用预驱动，意义不大。如果采用了预驱动，反而增加了电路复杂性，增加了失真，当然也变相地提高了电压放大级的负载电阻。关于电压放大级的负载电阻，在放大电路的内部，采用低阻的设计方法，一是抗干扰能力强，这比采用各种屏蔽措施来得实在；二是也减轻了各种电容效应的影响。再者所有的晶体管输出的都是电流信号，在负载上转换成电压信号，除非负载电阻实在过大，迫使晶体管进入饱和状态，其他情况不会影响晶体管的工作状态，由此而知低阻设计对这方面也是有好处的。通过以上的分析，三级驱动就没有必要了。

为总 I_b 的五分之一，每管的非线性失真随之减小，而总的电流增益由多路输出电流相加保证。

方法二：减小集射电压 V_{ce} 对输出电流的影响。晶体管完成放大时，输出电压的变化也会使 V_{ce} 随之变化。由图2所示的 $I_c(V_{ce})$ 特性曲线图可知，当 I_b 一定，输出电流 I_c 也会随着 V_{ce} 的变化而变，不同 I_b 的情况中的 V_{ce} 对 I_c 的影响也不同，这就在 I_c 中产生了非线性。如何减小 V_{ce} 对 I_c 的影响？我们可从以下角度思考：$I_c=I_e-I_b\approx I_e$，如果 I_e 受 V_{ce} 影响较小，那么 I_c 受 V_{ce} 的影响也会较小，本电压放大级的放大管采用的共射共基组合管正是有着这样的优点。前级的共射管为后级管提供输入电流 I_e，后级的共基管实现电压增益。由于后级共基管的输入电阻较小，作为前级管的负载使共射管的 V_{ce} 的变化较小。而后级共基管的 V_{ce} 变化对 I_c 的影响相对共射管又较小，因而共射共基放大电路的输出电压变化对输出电流的影响较小，相对共射管电路有着较好的线性。

电压放大级每路静态电流为7mA，总的静态电流为35mA，有着较强的驱动能力和较高的转换速率。本电路中采用22μF/63V的旁路电容C612或C712的作用是：对于对称放大电路，上半边和下半边能同时完成一个完整的正弦波放大，输出后在驱动级叠加复合，利用PNP型和NPN型晶体管的特性互补，叠加后能够减小非线性失真。由于要为后级的驱动级放大管提供温补偏压，电路中设置有一个温补偏压三极管。如果交流信号通过这个三极管，也会产生非线性失真使复合效果变差。因而用1μF～22μF无极性电容将流过温补三极管的交流信号旁路，减小温补偏压三极管的交流影响。

2.驱动级与电流放大级

对于一纯甲类放大电路，为了避免驱动不足，还是要在驱动级下点功夫的。先做一个简单的分析：如果要在8Ω负载上输出100W的纯甲类功率，根据 $P=I^2R$，放大器需要输出3.6A的有效值电流，那么需要的峰值电流为3.6×

缓冲推动级选用2SC5171/2SA1930音频中功率晶体管组成的互补射极输出器，推动管也可以选用场效应中功率管2SK214/2SJ77做推动，2SK214/2SJ77推动80mA的电流有很好的表现，但由于场效应管是负温度系数的，最好不要和末级的双极性的功率管安装在同一散热器上，而需要采用独立的散热器。关于功率管，也可以采用MJ21193/21194。这对管要好过2SC5200/2SA1943。这部分的电路原理图见图3，VT736与VT737接成中点浮动形式，有利于进一步消除截止失真和改善电路的开环频率响应。

3.伺服反馈电路

改进后的直流伺服电路见图4。由R666和C619构成低通滤波器与OP275、R669、C621一起构成输出点直流稳

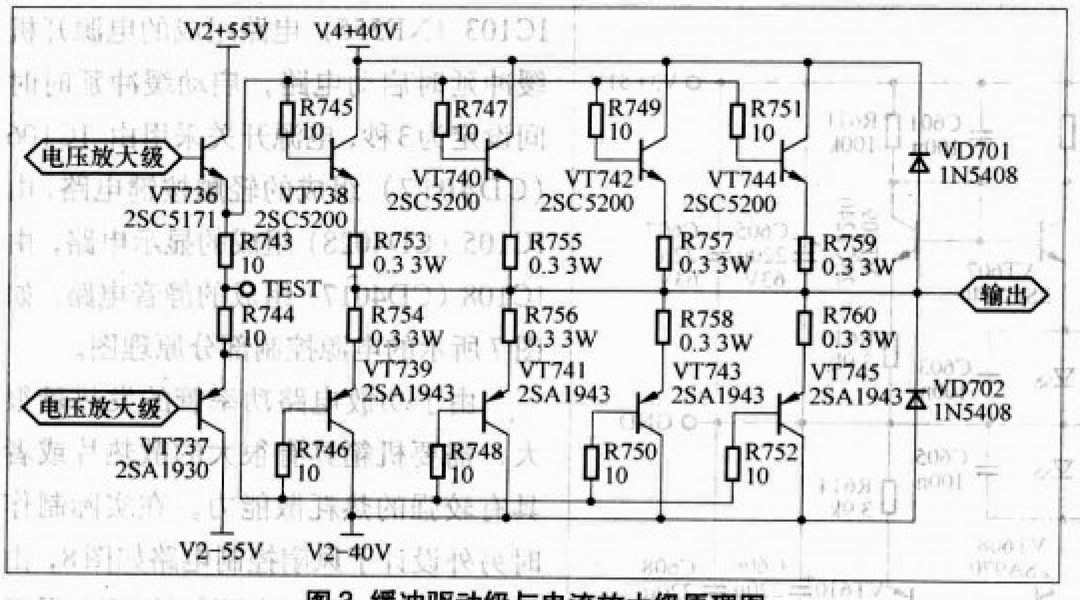


图3 缓冲驱动级与电流放大级原理图

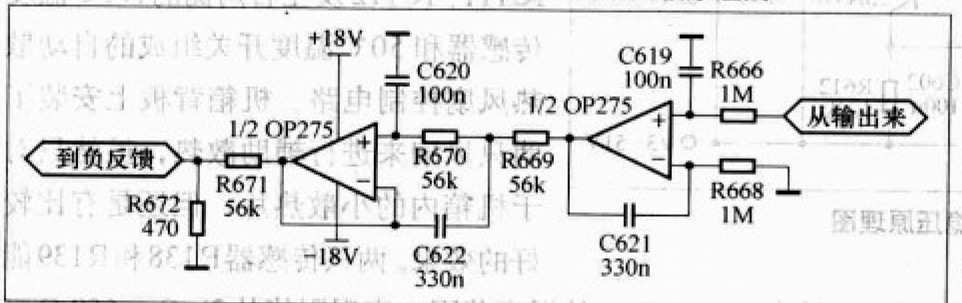


图4 直流伺服电路原理图

零跟随器（实际上是个电压比较器），再加上一个二阶巴特沃斯低通滤波器，进一步滤除低频反馈信号。由于采用的是开环滤波，如果处理不好对低频来说，会产生动态反馈，降低低频的控制力和速度，这是该电路的最大缺点。在此的解决方法如下：一是主伺服电路后面再加入二阶巴特沃次低通滤波器；二是尽可能的降低直流伺服电路的低频滤波转折点；三是减小直流伺服增益；四是提高运放的供电电压，提高DC动态。当然，这样虽也不能完全消除不良影响，但已经可以将其控制在很小的范围内。

4.各级供电电路

本电路采用分级独立供电模式，这样可以有效地避免前后级通过电源耦合而产生的噪声，并有利于提高信噪比。电流放大级采用±40V直流电源供电，推动级采用±55V高速洼田式串联稳压供电。从推动级出来的±55V在经过并联稳压电路稳压至±51V给输入级和电压放大级供电。这里采用的并联调整式稳压电源具有高速、低噪、低内阻的特点。在噪声、音乐的细致度和延伸感等方面，也是串联稳压电源所无法比拟的。各电源的零电位分别接至电流级电源的零电位点，左右声道的零电位点分别通过“浮地”的LCR网络与机壳地（与主电源地相连）相连，可避免输出大电流回路的寄生信号传入输入端，提高信噪比。

图5所示的串联稳压电源板主要是对推动级供电，按照图中标识的参数可调输出电压范围是±40V～±60V（3A）。F401和F402采用2.5A可恢复型保险管，VD401、VD402起控制调整输出电压，由VT403、VT404、VT405、VT406形成的串联稳压，R410、R411分别调整输出电压。

图6中所示的并联稳压电路由R601、VT601、VT603、LED603组成恒流源部分，其电流大小由R601的阻值决定，

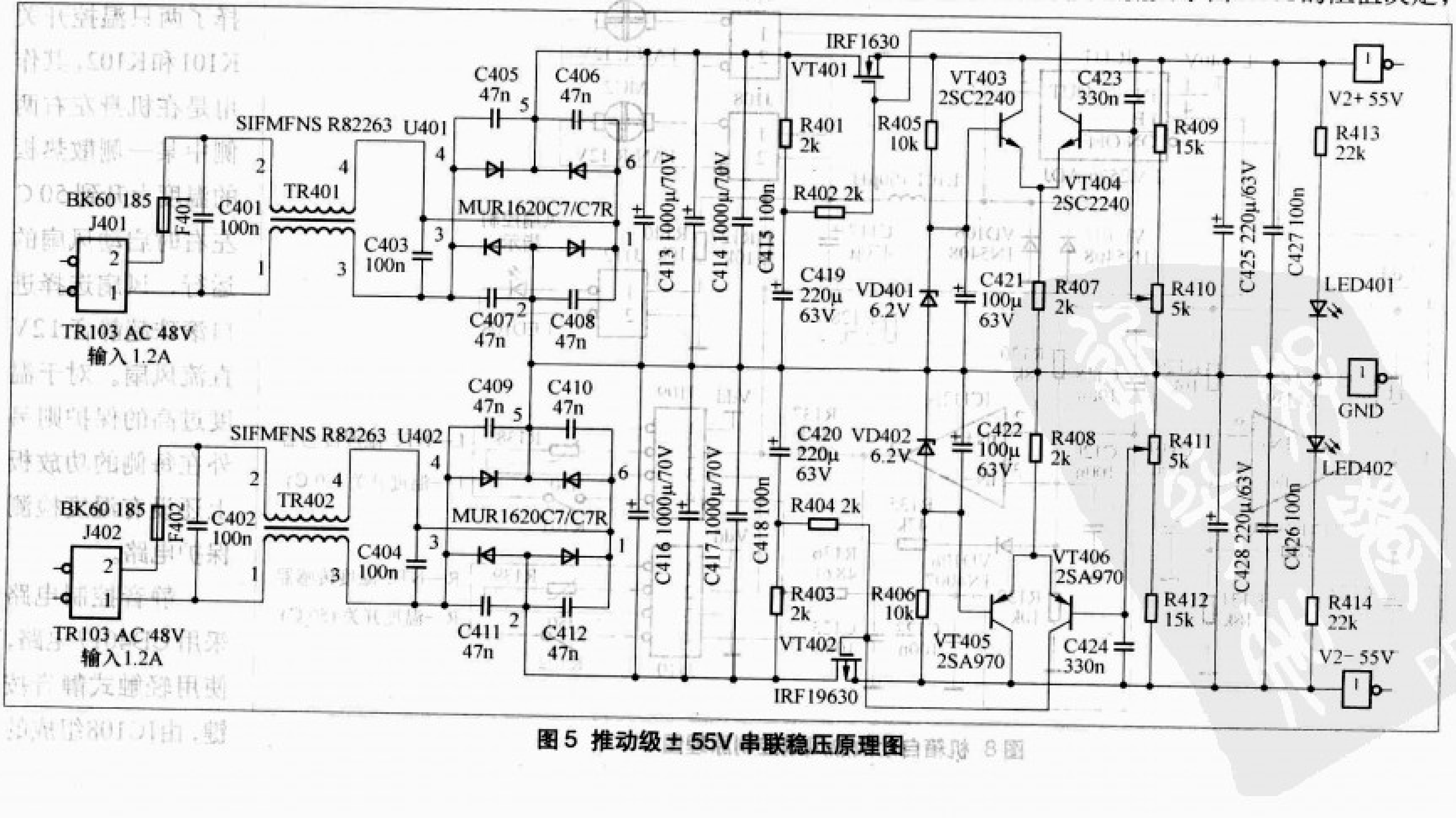


图5 推动级±55V串联稳压原理图

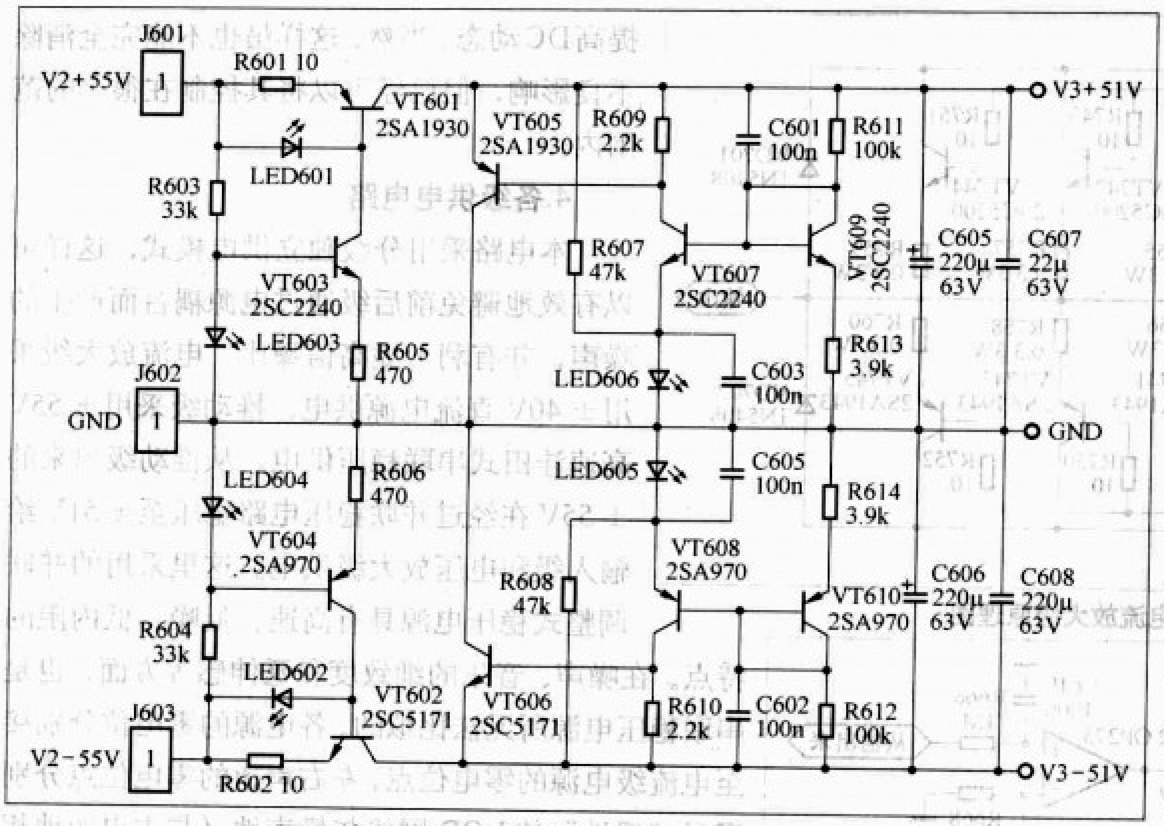


图6 输入级与电压放大级±51V并联稳压原理图

按图中取值为100mA，满足在大动态下放大级的各放大管的电流裕量。恒压源部分有VT605、VT067、VT609、R613及基准发光管LED606组成，这个电路也可以使用1.8V~2V的齐纳稳压管。实际使用中输入电压和输出电压的电压降不要太大，否则分流管T605将耗散更多的能量尤其在输出空载时，建议根据实际情况选用足够大的散热片。

5.电源控制电路

电源控制原理如图7所示，图中VT101~VT104和IC103（NE555）电路组成的电源开机缓冲延时启动电路，启动缓冲延时时间设定为3秒，电源开关采用由IC106（CD4017）组成的轻触按键电路，由IC105（CD4028）组成的显示电路，由IC108（CD4017）组成的静音电路。如图7所示的电源控制部分原理图。

由于功放电路功率管的发热量很大，需要机箱具有很大的散热片或者具有较强的热耗散能力。在实际制作时另外设计了风扇控制电路如图8，由IC111、IC112及左右两侧的NTC温度传感器和50℃温度开关组成的自动散热风扇控制电路。机箱背板上安装了两只风扇来进行辅助散热，虽然只对于机箱内的小散热片，但还是有比较好的效果。两只传感器R138和R139能够在50℃~70℃的温度范围内实现阻值从2kΩ~650Ω之间的变化。如果找不到合适的NTC，也可以通过计算适当改变R128的值，使得R128的对地有效电阻能够在有效的温度范围内实现从510Ω~1.15kΩ的变化，以此调节稳压模块IC111（LM2576−ADJ）的输出电压的变化（25V~12V），并自动控制风扇的转速。随着温度的升高，风扇的转速则会加快，通过改善机箱内的空气对流来加强散热。环境温度和末级静态电流的大小会引起机身的散热器温度有很大的变化，所以选择了两只温控开关K101和K102，其作用是在机身左右两侧中某一侧散热板的温度上升到50℃左右时启动风扇的运行，风扇选择进口滚珠超静音12V直流风扇。对于温度过高的保护则另外在每侧的功放板上还设有温度检测保护电路。

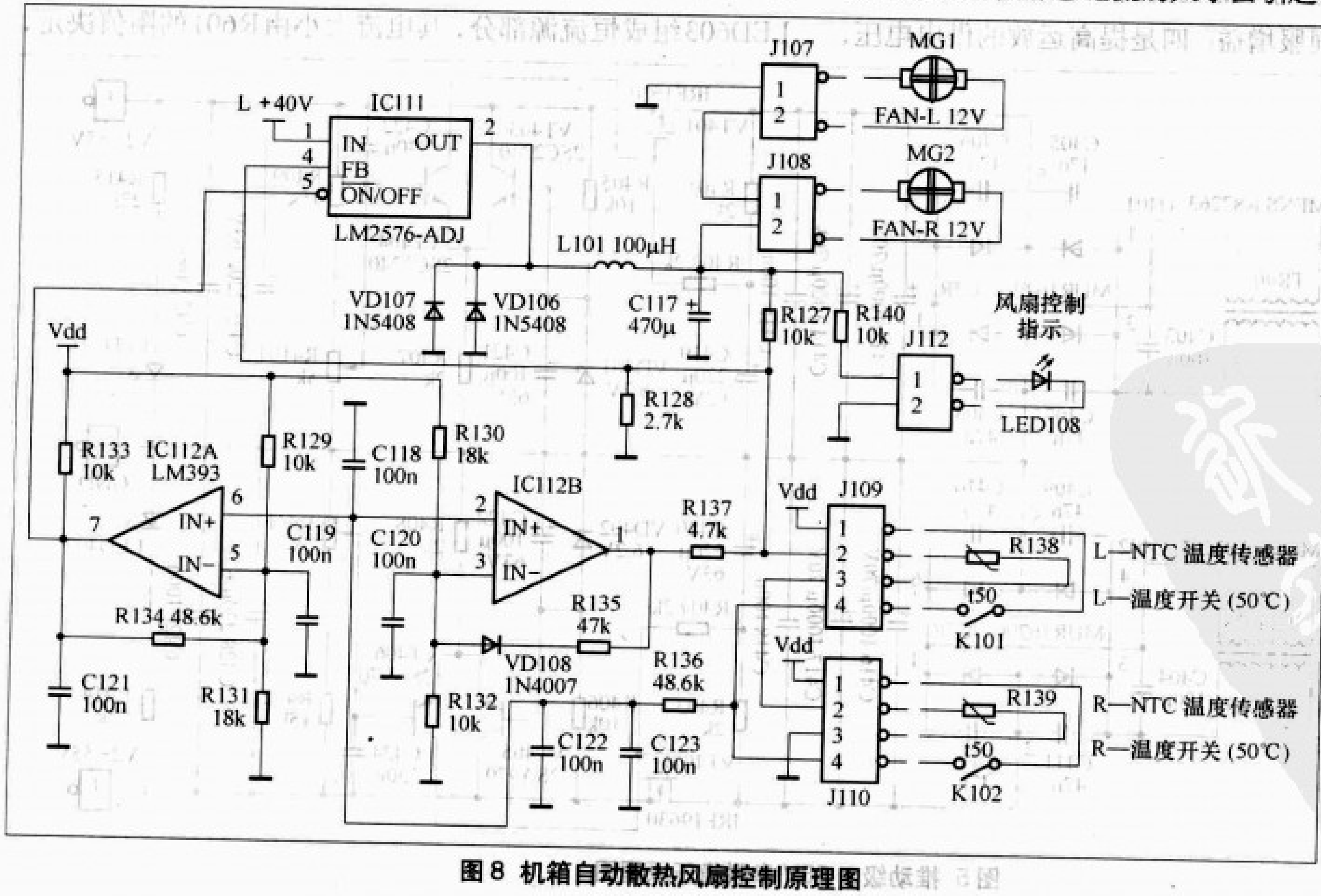


图8 机箱自动散热风扇控制原理图

静音控制电路采用CD4017电路，使用轻触式静音按键，由IC108组成的

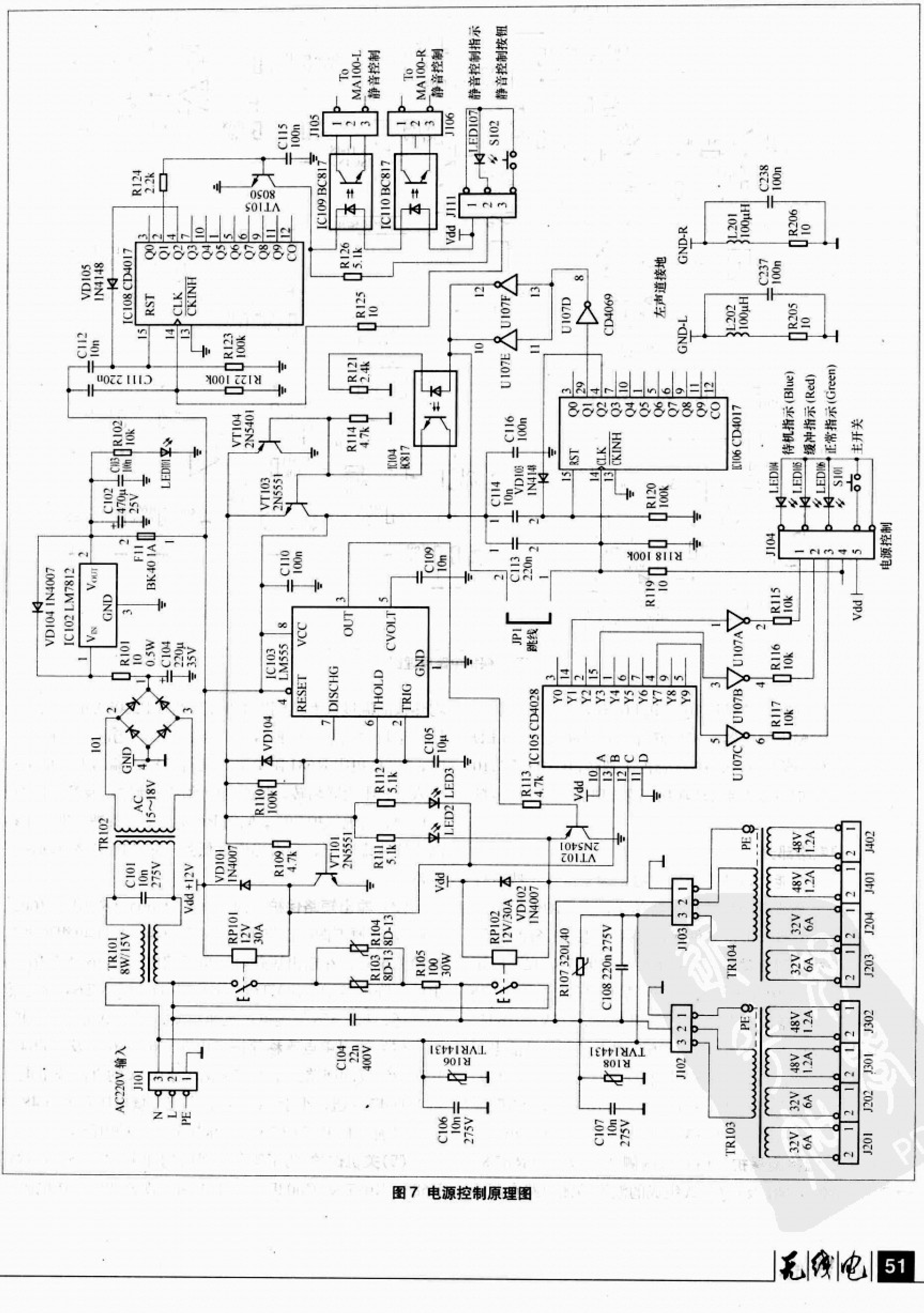

AC220V 输入
J101
N
L
PE
TR101 8W/15V
C101 10n 275V
TR102
AC 15~18V
I01
GND
VD104 1N4007
IC102 LM7812
R101 10 0.5W
C104 220μ 35V
F11 BK40 1A
C102 470μ 25V
R102 10k
LED101
Vdd +12V
VD101 1N4007
RP101 12V 30A
R109 4.7k
VT101 2N5551
R110 100k
VD104
IC103 LM555
RESET
DISCHG
THOLD
TRIG
VCC
OUT
CVOLT
GND
C110 100n
C109 10n
C105 10μ
R112 5.1k
R111 5.1k
LED2
LED3
R103 8D-13
R104 8D-13
R105 100 30W
RP102 12V/30A
VD102 1N4007
C104 22n 400V
R106 TVR14431
C106 10n 275V
R107 320L40
C108 220n 275V
R108 TVR14431
C107 10n 275V
VT103 2N5551
VT104 2N5401
R114 4.7k
R121 2.4k
IC104 BC817
IC108 CD4017
RST
CLK
CKINH
VD105 1N4148
C112 10n
C111 220n
R122 100k
R123 100k
R124 2.2k
VT105 8050
C115 100n
R125 10
R126 5.1k
IC109 BC817
IC110 BC817
J105
J106
To MA100-L 静音控制
To MA100-R 静音控制
J111
LED107
S102
静音控制指示
静音控制按钮
U107E
U107F
U107D
CD4069
IC106 CD4017
C116 100n
C114 10n
VD103 1N4148
C113 220n
R120 100k
R118 100k
R119 10
JP1 跳线
IC105 CD4028
R113 4.7k
VT102 2N5401
U107A
U107B
U107C
R115 10k
R116 10k
R117 10k
J104
电源控制
LED104
LED105
LED106
S101
待机指示(Blue)
缓冲指示(Red)
正常指示(Green)
主开关
左声道接地
GND-L
GND-R
L202 100μH
L201 100μH
C237 100n
C238 100n
R205 10
R206 10
J102
J103
TR103
TR104
PE
32V 6A
48V 1.2A
J201
J202
J301
J302
J203
J204
J401
J402

图7 电源控制原理图

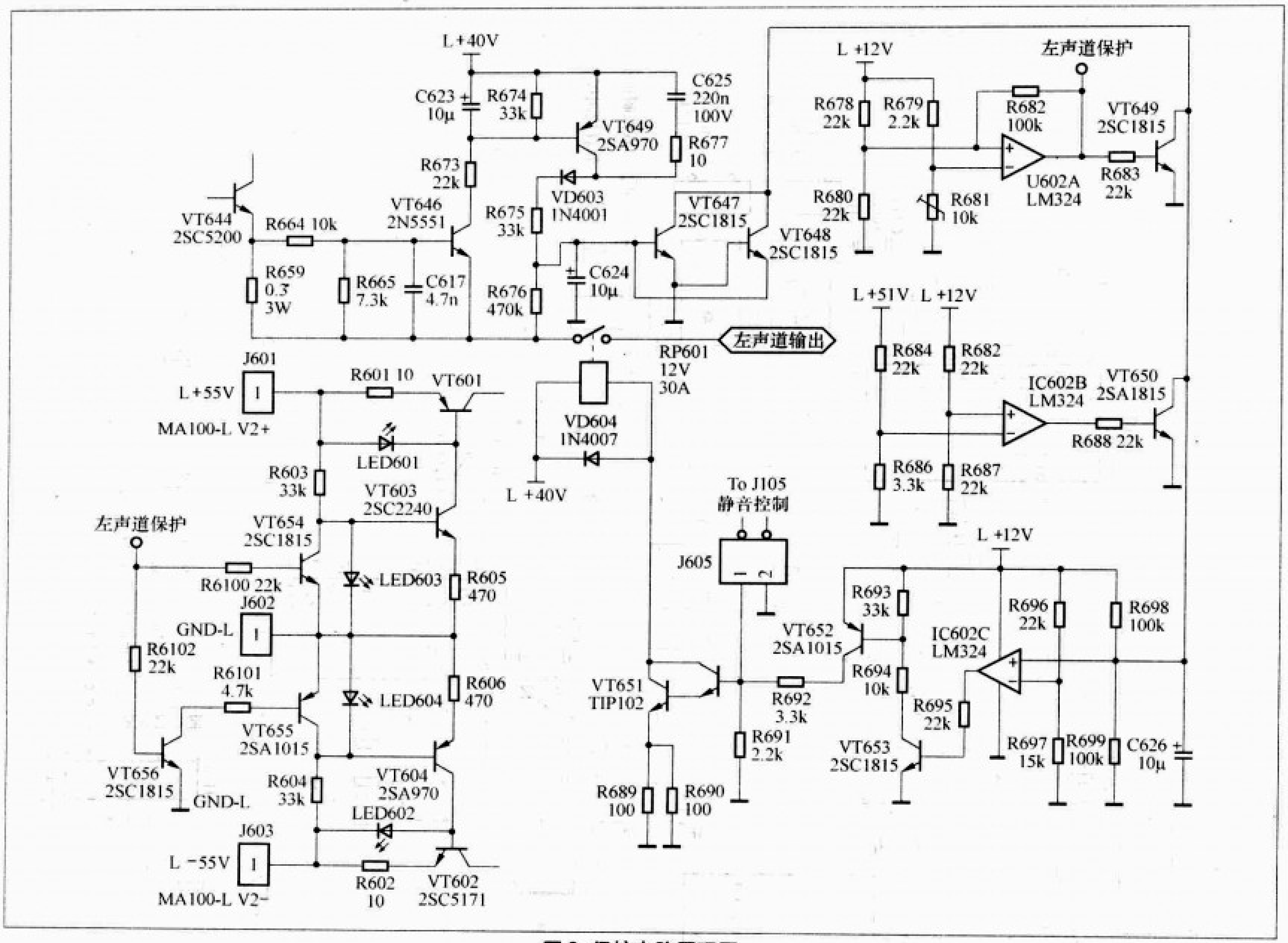


图9 保护电路原理图

双稳电路状态翻转，光耦IC109、IC110有效输出，分别切断左右声道的输出继电器，实现静音，同时面板上有LED指示；再次按下该键后，IC108状态再次翻转，IC109、IC110关闭，左右的输出继电器接通输出，静音功能关闭，指示灯熄灭。

6.保护电路部分

对于一台性能优良的甲类放大器，为了避免一些意外情况损坏放大器或者昂贵的扬声器单元，完善的保护电路是必要的。本电路采用了多种保护方式，电路如图9所示。

(1) 开机延时启动保护：由R696、R697对12V电压分压为IC602C比较器负输入端提供基准，开机之前，C626电压为0V，比较器输出为低电平，当开机后，+12V经R698、R699分压后对C626充电，当C626两端电压大于基准电压时，比较器翻转，T652、T653饱和导通，经R691、R692分压，在VT651基极得4V基准电压，由R689、R690限流向RP601继电器提供约80mA的驱动电流，接通输出。

(2) 超温检测保护：由左右两侧功放板上的R678、R679、R680、R681及IC602A组成的温度检测电路在两侧均热板的温度没有达到70℃时，比较器IC602A正输入端电压高于负输入端，比较器输出为低电平，当温度达到70℃时，NTC电阻R681阻值降低使得负输入端的电压低于正输入端，比较器翻转，保护电路动作切断输出及V3并联稳压电源，实现保护功能。同时R681产生正反馈，进一步抬高正输入端电压，只有当温度低到一定值时电路自动恢复正常。

(3) 输出短路保护：由R664、R665（R661、R662、R663在此原理图中没有画出）及VT646、VT649组成的过流检测电路，在输出短路时，负反馈电阻（R653～R659）上的压降突然增大使VT646导通，VT649和VT647随之饱和导通，将C626的端电压迅速拉低，保护电路翻转保护。

(4) 输出中点漂移保护：由R676、C624及VT647、VT648组成的回路当中点有输出大于0.5V的直流分量电压则VT647导通，小于-0.5V的直流分量电压则VT648导通，导通后将电容C626的电压拉低，保护电路动作。

(5)关机保护：为了避免关机时的冲击，由R684、R685、R686、R687及IC602B组成的电路实现该功能，在电源关

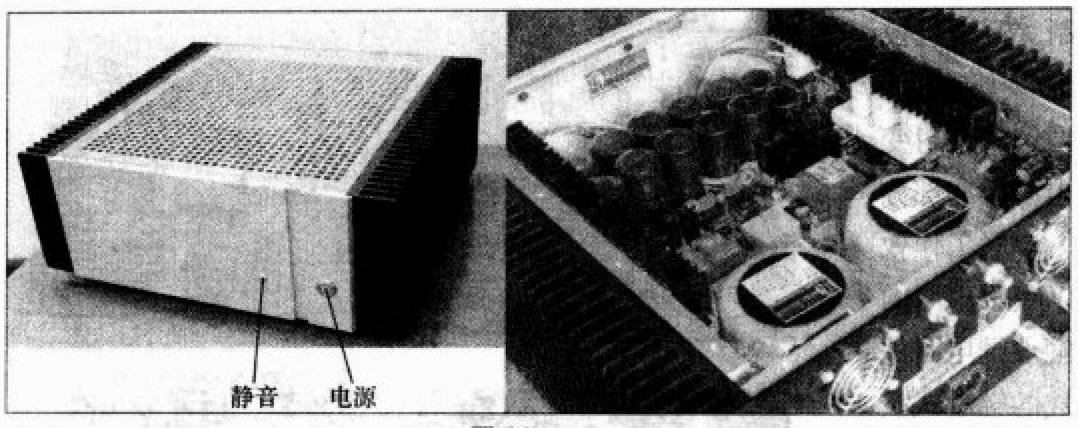


图 10

闭时，由于稳压部分的电压很快下降，这时R686的电位一旦低于R687的电位，IC602B比较器翻转输出高电平，迅速打开保护电路切断输出。

(6) 超压保护：由R106、R107、R108及C106、C107、C108组成的EMI网络，不仅能够吸收进线的冲击，还可以在输入电压异常增高的情况下实现保护，

二、整机制作

本机左右两声道完全独立，整机调整完成，实测静态中点输出直流漂移为2.2mV/L/55℃、3.4mV/R/55℃，噪声分量为1.3mV/L/55℃、1.6mV/R/55℃，无任何本底噪音。其电流放大级静态电流每管为300mA左右，信噪比可达105dB以上。电压增益为32dB，THD<0.1%(1Hz~20kHz、−0.5dB)。整机净重为32kg。该机具有延时输出、输入缓冲、过热保护、自动风机散热、静音、中点直流漂移保护、输出短路保护、输出过流保护等多种功能。

整机外观如图10所示，面板采用10mm厚的铝板，表面氧化白本色并且拉丝，下部最右边的是电源轻触按键，待机时有微弱的蓝色灯指示，按下按健后在缓冲电路工作期间指示灯为红色，3秒钟后主电源接通后指示灯为绿色；稍左那个小的轻触按键为静音键，按下后切断输出，同时最左边的蓝色LED点亮。主电源接通后约10秒，则接通两个声道的输出继电器（如果功放部分正常），同时有2个黄色LED灯分别指示。当保护电路动作或静音时则会切断输出，相应的输出LED灯熄灭。右边的红色LED为温度控制风扇工作指示。当两侧的铜均热板的温度达到50℃时，开始启动散热风扇低速旋转，加强内部空气对流，以便内部的散热片更好地向外耗散热量。随着温度的升高，风扇转速加快，当温度达到70℃时，则切断电压放大级电源和输出，而风扇则继续工作直至温度正常。机身两侧的散热片为亚泰Y160−400型，底板和盖板均采用2.5mm厚的镀锌板并在其相应位置上加工了数个冲孔，见图11。底板在两侧留有4排散热孔，以提高机箱内空气的对流。机身背板采用3mm厚的铝合金板，并经数控加工后氧化发黑处理，平衡端子在这里还是作为不平衡信号接入用（冷端对地接22kΩ与热端阻抗匹配），机身各个板之间采用12mm × 12mm方黄铜及M5内六角螺钉连接，非常坚固可靠。16mm × 30mm的铜均热板涂以硅脂与机身相连接，一方面可以很好热传导，对功率管发出的巨大热量进行耗散，另一方面也是为了上盖板能够安装并且也能耗散部分热量。另外在功率管的正面也专门制作了4只散热器，主要是为了配合风扇更好的散热。实际长时间工作时，实测大散热片中心位置温度约为57℃（环境温度28℃），稍有点烫手了。

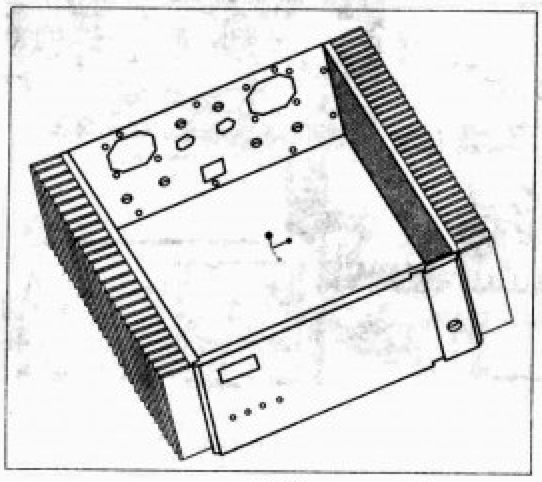


图 11

三、电路的制作和调整

本机电气部分由变压器、电源控制板、风扇及静音功能控制板、串联稳压电源板、功率放大板等几部分组成。首先电源变压器的作用不可小视，本机的2只细高个子的550W变压器在某军工厂订制，磁芯采用导磁率达22000高斯的整带卷制而成，5N铜线绕制，双层隔离屏蔽，经过功率负载测试，性能相当的好，满负荷输出时输出端电压下降仅为12.5%，低内阻而且具有很低的工作噪音，外层包裹的黄腊绸感觉很不错。

1. 元器件的选择及电路调整

元器件的选择宗旨：好的电路设计加上优质元器件的选用才会发挥好的效果。功率放大部分和稳压电路的电阻最好选择1%精度的进口电阻器如DALE等，其他电阻选用5%精度的金属膜电阻就可以了。无极电容选用高质量的MKP的薄膜电容如WIMA、ERO、RIFA等。有极性的电容器选用好的NICHICON、ELNA等各种系列的。对输入级的2SK170/J74、2SB647/2SD667对管、推动级的2SA1930/2SC5171对管、电流放大级2SA1943/2SC5200的对管最好用晶体管图示仪对晶体管进行严格筛选和配对，配对精度越高越好。对电压放大级的10对2SB647/2SD667，有条件的采用晶体管直流参数测试仪进行单臂上下管的粗略筛选配对就可以了。当然不配对也不会对电路有大的影响，一是因为沃尔曼电路的两个晶体管根本不会相互影响，二是因为各沃尔曼电路输出的是电流信号，电流可以直接叠加，且采用5对并联，大大降低了器件离散性的影响，所以在沃尔曼电路中的晶体管可以不考虑配对的问题。

电源控制板主要有主电源缓冲软启动控制、开关机控制、后级电源整流滤波几个部分组成。焊接在电源控制板上的待机电源变压器采用8W的德国BLOCK小型焊板密封变压器，经稳压成12V后给控制部分供电。主电源缓冲部分采用2只热敏电阻（德国ATE 100Ω/30W）串联工作效果很好，并且选用上好的压敏电阻和电容用以吸收电网的冲击。选用台湾GOODSKY 12V/30A镀银触点继电器保证工作可靠性。电源开关部分采用CD4017组成的轻触式按键电路，其中那个主电源按键开关则废了我不少心思，原本定来的一只开关（比较昂贵）只能显示出一个颜色，后来拆开重新组装成3种颜色来指示电源状态，比较美观。风扇及静音控制板安装在电源控制板的下面，调试时主要是NTC温度传感器的选择和设定。

左右声道的后级电源中分别独立采用M记快恢复复合管MUR2020CT 和MUR2020CTR组成全桥整流，每通道主滤波电容采用6只ELNA（用于音频）15000μF/63V，在该电源回路上还并联接有WIMA 1μF、WIMA 100nF及RIFA EVOX 22μF /63V等中小电容用以改善电源的中高频频率特性。

串联稳压电路的调整比较简单，只要元器件焊接无误便可以正常输出电压，然后调整R410、R411至输出电压达到±55V即可。调整管VT401和VT402也可以根据输出电流需要更换成其他型号的场效应对管如2SK214/2SJ77、IRF9510/IRF9520等。并联稳压电源部分主要是考虑恒流源LED601和恒压源部分LED606的基准发光二极管的压降问题，一般在1.8V~2V内均能正常工作。一般先测好再焊接，因为没有设置输出电压可调节点。正负电源上的LED605和LED606 及R613和R614的取值应尽量接近，这样可以使输出的±51V稳压电压对称。

稳压电源调整完毕后要进行的是输入和电压放大部分的电路安装。要先测量电压放大部分的6只对称偏置发光二极管，其压降值要在1.8V~2V范围后再焊接到板上，装好后通电测试，如有问题要迅速关闭电源逐一检查。然后是安装推动级部分，检查并通电测试，要注意R743和R744之间的电压必须限制在1.2V以内（否则后面的功率管危险！）。接下来是伺服稳压电源±18V和保护电路稳压电源±12V的安装和测试，插上伺服IC，用一根导线将输出端连接至Test点，没问题情况下Test点的电压在50mV以下，如有问题要进行电路检查，完毕后拆除连线。下一步是安装功率管了，先把温补管VT735的c、e短路，先装好一对管（注意加装散热片），通电测试中点输出，确认其基本正常，全部装好后将电位器R738调至中间位置拆除VT735的 c、e短路线。再下一步是末级静态电流的调整。这里采用多个

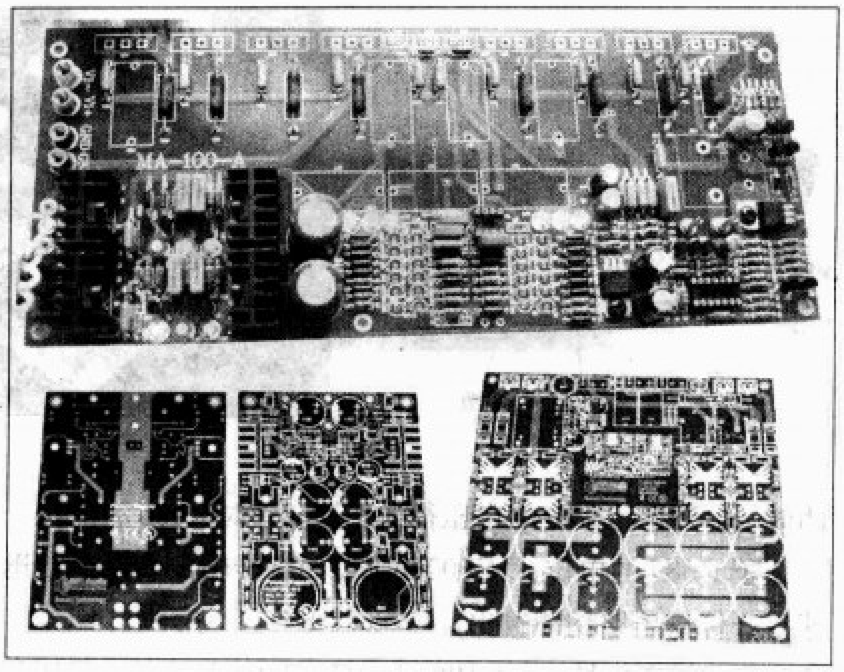


图12

电阻和电位器组成的安全半可调电路，如果只采用一只可调电阻，在调整不当或电位器失效的情况就可能引起后面推动管和功率管的烧坏。调整时要逐步缓慢往下调整阻值，边调边观察各功率管射极负反馈电阻(如R753 0.3Ω)上的压降变化，我这里调整到每管300mA左右，也可以调得更高些，如每管1A，除非有超大功率电源变压器和巨型的散热器才能控制住那个惊人的发热量。当然完全没有那个必要，在不需要很大输出功率情况下300mA足够大了。还要注意的一点是，静态电流是随着功率管的温度变化而变化的，在初次调整后连续工作30分钟应再次调整。

保护电路的调整：该保护电路设计采用分离元件和四运放LM324作为比较器来进行控制。本电路上R698和C626的取值可使接通输出延时的时间大概为6秒。如果增大C626后也能增大延时时间但是保护电路动作就不灵敏了，可以适当改变R698和R699的阻值来改变启动延时时间。

图12所示的是已经焊接了一小部分元器件的功放板、稳压电源板和电源控制板实体照片图，其相关的PCB电路

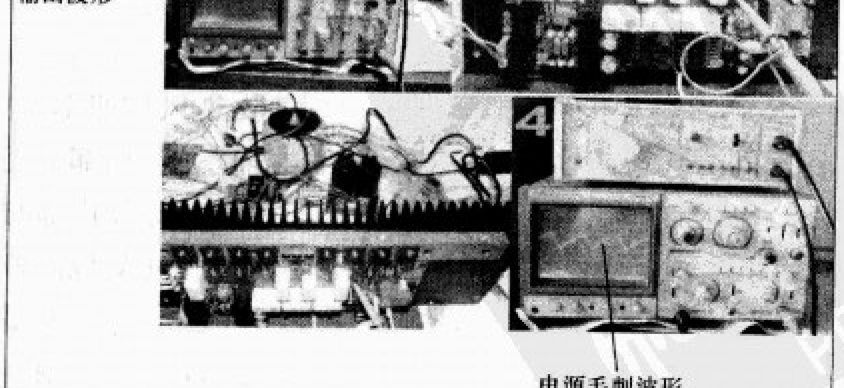
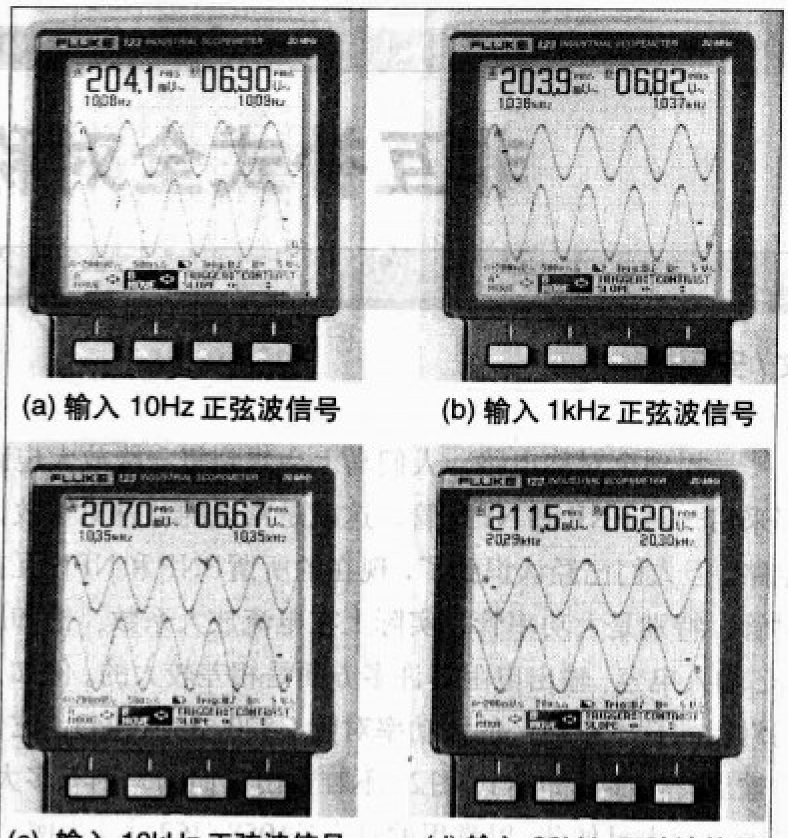


图13

(a) 输入 10Hz 方波信号　(b) 输入 1kHz 方波信号

(c) 输入 10kHz 方波信号　(d) 输入 20kHz 方波信号

图 14



(a) 输入 10Hz 正弦波信号　(b) 输入 1kHz 正弦波信号

(c) 输入 10kHz 正弦波信号　(d) 输入 20kHz 正弦波信号

图 15

板因版面所限，放在同期的光盘中。

2. 电路的调试

在初次调试功放板的时候，由于使用的临时电源，发现输出端有明显的噪音及交流声，使用示波器测量输出端便可以看到问题的所在（图13左上角是输出波形），原来是后级电源上有600mV$_{p-p}$的三角波（图13右下角是电源毛刺波形），这是滤波电容不够大(临时用的，每通道15000μF)引起的，接入正常的有大容量滤波电容的电源电路就正常了。

调好的功放板我又进行了方波和正弦波的波形测试，测试的波形如图14所示：(示波表屏幕上方显示的是输入信号的波形，下面显示的是功放板的输出波形)。图14(a)10Hz方波，(b) 1kHz方波，(c) 10kHz方波，(d) 20kHz方波；图15 (a) 10Hz正弦波，(b) 1kHz正弦波，(c) 10kHz正弦波，(d) 20kHz正弦波。

方波测试波形，在低频段有很好的频率响应，但在10kHz～20kHz高频段瞬态响应则稍显不足。从正弦波的测试波形来看，在整个频段内有着很好的频率响应能力，没有出现波形失真或畸变，只是16kHz以上在高频段内出现很小的相移，造成这种情况的原因很可能是放大级5对2SB647/2SD667管的较大的并联电容的影响。从理论上采用极间电容较小的2SA1145/2SC2705管可能会有一些改善。从波形测试的角度来看，由于没有反馈，本机功放的频率响应指标还算是不错的。有关波形的测试及音质的重放效果应该有一定的关联，但波形的响应只能用来表征放大器的瞬态指标，不能反应该放大器的实际重放指标。

3.主观试听部分

图 16

整机测试并主观试听和调试如图16所示，图中的试音环境的混响时间大概为0.55秒，面积稍小。试听器材为：CD：CDM12发烧转盘+1794解码（本人组装调试），SONY CDP-502ES；前级：PASS 1.7(本人组装调试)，OPA111+BUF03超级动态前级(本人组装调试)；音箱：MOREL(MDT29+MW166)(原厂箱体，本人组装并用音箱测量仪测量校正），惠威原厂M1；对比功放：欧博M100S胆机（300B推挽），仿Harman-Kardon 线路改进型纯甲类（本人制作调试）。经过一番调整和一段时间的烤机，音色较之前有所提高，令人满意。经过对比试听总体上感觉本机声场开阔、动态特别好，重放声音高音晶莹细腻，中频甜美、低音纯净有力度（收放自如），整个声场的层次感与定位俱佳，具有较高的解析力。

注：因版面所限，我们将此电路的整机设计电路图及PCB图放入本期配刊光盘中。

非互补式全对称OCL功放的制作

文/安玉景

一提到全对称电路，人们马上会想到每一级放大电路都采用一对PNP和NPN管，这就是常说的互补对称放大电路。但人们已经认识到了，现在的所谓PNP和NPN互补对管，特别是大功率管，实际上在电流放大系数、饱和压降、输入电容、输出电阻等许多方面是相差较大的。例如人们常用的日本东芝产的大功率对管C5200和A1943，它们的输出特性曲线如图1、图2，不难看出它们的差别有多大。场效应管也是如此，以常用的日立K1058/J62对管为例，它们的输入电容分别为600pF、900pF，竟然相差50%，何言配对？

本文介绍的非互补式全对称OCL电路，没有采用互补电路，它的每一级放大电路均采用同极性同型号的三极管作差动或推挽放大，因此只需要在同一型号的晶体管中进行配对，这样两只管子的特性也就容易做到一致，功放的开环失真当然也就小了。所以这是一款结构简单但声音颇具特色的电路，而且容易制作成功。

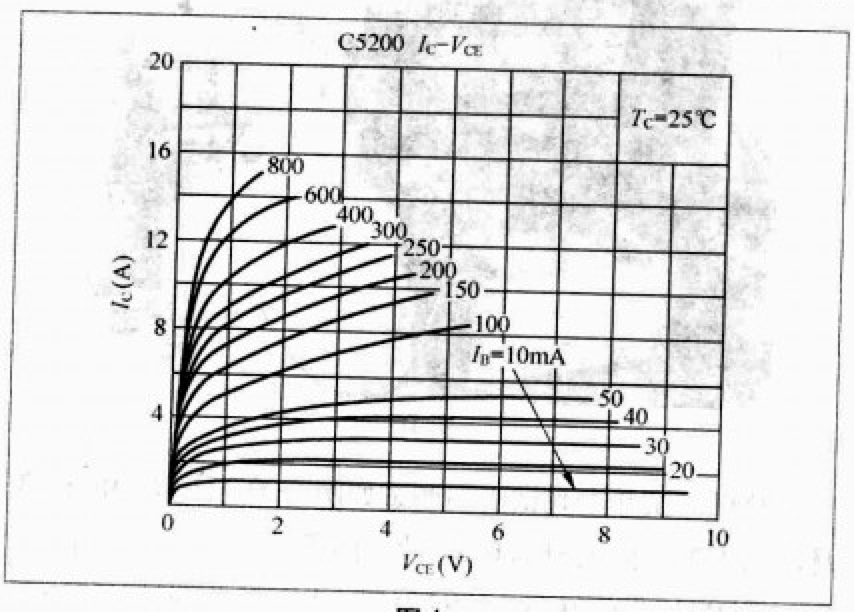


图1

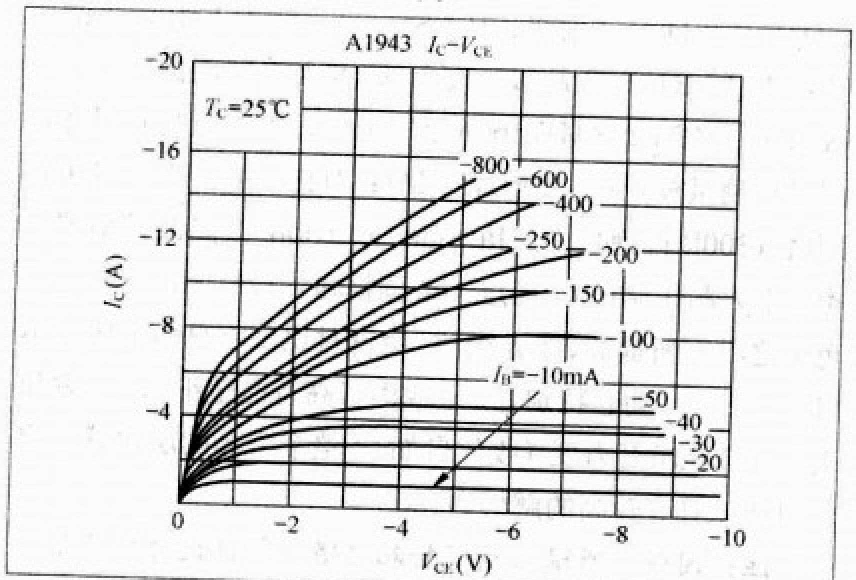


图2

电路工作原理

整机电路如图3所示。第一级由VT1和VT2两只NPN型晶体三极管组成长尾式差动倒相电路，输入信号由VT1的基极送入，输出信号经由R10反馈到VT2的基极。从它们的集电极得到一对大小相等相位相反的输出信号，完成倒相作用。R6、R7分别是它们的集电极负载电阻。因此是单端输入、双端输出电路。它们的两个发射极电阻R3和R4产生电流负反馈，起到平衡两管静态电流的作用。R5是两管共用的发射极电阻，像一条长长的尾巴拖在下面，所以常把它叫做长尾式差动放大电路。对R5的要求是，希望它的交流阻抗越大越好，这样两个管子集电极输出信号幅度就越接近相等(这对差动式倒相电路是相当重要的)，同时共模抑制比也会提高，因此R5最好改用恒流源。

第二级放大电路由一对PNP型晶体三极管VT3、VT4组成，也是差动放大电路形式，(RP+R8）是它们的共用发射极电阻。VT3的集电极负载电阻是R11，在它两端产生的信号电压送到了输出管VT6、VT8的基极与射极之间。R12实际上是VT4的集电极负载电阻，它上面的信号电压与R11上的信号大小相等、相位相反，加到了输出管VT7、VT9的基－射之间。由于R11的下端接到了功放的输出中点（OUT)，而这点的直流电位是零。因此VT3的集电极－发射极电压等于VCC减去R11和（RP+R8）上的电压，比VCC低3V～4V。而R12的下端是接在－VEE，如果把R12上端直接接到VT4的集电极，电路也是可以正常工作的，不过此时VT4的集极与射极间直流电压比VT3高出一个VEE，因此静态功耗要比VT3大一倍还多，VT3和VT4这对管子的工作温度就会相差很多，不利于对称地放大。为了解决这个问题，笔者在VT4的集电极和R12的上端之间插入一个与VT4同型号的PNP管VT5，让它的基极接地，工作在共基极放大状态。我们知道，共基极放大电路的特点是

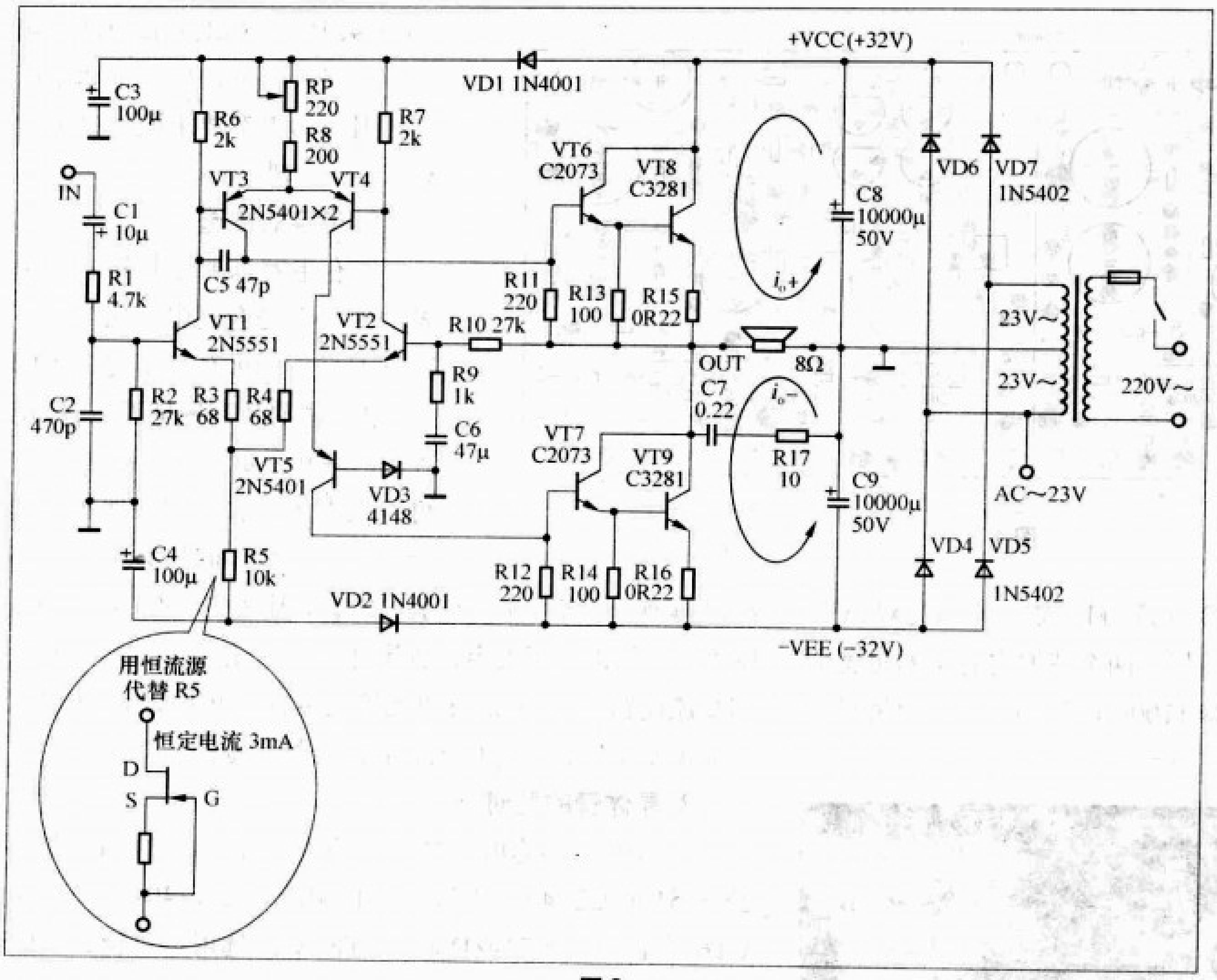


图3

输出信号电压和输入信号电压同相，输出电流与输入电流近似相等。VT5把VT4的电流变化几乎毫无损失地传递到R12，但它的发射极和集电极之间却承担了大约为VEE的直流电压，这样就使得VT3和VT4的静态功耗近似相等了。为了使它们的功耗更加接近，可以在VT5的基极和地之间再串一只硅二极管VD3(1N4148)。但实际上增加的这0.6V～0.7V的电压作用很小，因此VD3也可以不用。可以看出，实际上VT4和VT5组成的是共射－共基级联电路。

输出级分别由VT6、VT8和VT7、VT9构成达林顿式复合管，完成推挽放大。对于VT6、VT8来说，输入信号是加到它们的基－射之间，扬声器负载是接在它们的集－射之间，因此是共射放大。当VT6基极输入信号为正半周时，VT6、VT8集电极电流增加，i_o+如图示方向流过负载。同理，VT7、VT9也是共射放大，当VT6基极输入信号为负半周时，VT7基极输入信号正好为正半周，VT7和VT9的集电极电流增加，i_o-按相反的方向流过负载，完成了一个周期，显然是推挽放大。本电路输出级是共射放大，因此它具有一定的电压增益。而一般的互补推挽输出电路是射极输出电路。在放大器有输入信号时，射极输出电路的负载不允许短路，而共射输出电路在负载短路时的集电极电流是不会无限制地增加的。而在静态时，也就是没有信号输入时，OCL电路的输出端对地直流电压近似为零，所以负载短路也无所谓。

在电路的输入端由R1、C2组成低通滤波电路，目的是限制超高声频信号进入放大器而产生失真。整个电路的电压放大倍数由R10和R9决定，约为（R9+R10）/R9=28，折合成电压增益为29dB。接在VT3的集－基间的电容C5的作用是防止自激。C7、R17组成茹贝尔网络，主要作用是使扬声器这个感性负载尽量呈现电阻特性，同时也可消除一些高频自激。

由于本机工作于甲乙类，且接近乙类，电源电流变化较大，所以在+VCC和－VEE电路各串联一只二极管VD1、VD2，配合C3和C4，使VT1～VT5的直流工作电压稳定。静态时C3上电压比+VCC低一个二极管压降0.6V左右。当输出电流增大，使+VCC电压下降时，VD1截止，C3上电压可维持基本不变。VD2、C4的作用与此相同。

制作与调整

实际制作时采用循序渐进的方法，由第一级开始，逐级往后，边安装边调试。如果按照下面介绍的办法按部就班地去做，就不会出现大的失误，比较容易获得成功。整个安装调试过程只需要万用表，最好是指针式和数字式各一只。指针式万用表反应快、直观，数字式万用表反应慢但精确，各有各的长处。

第一步应该是制作印制电路板，自己设计印制电路板对初学者来说是有一定的困难的，一般可以采用电路作者提供的印板图自己制作。有了元器件和印制电路板以后，也不要急于安装元件，应当将电路图和印制板仔细进行对照，熟悉一下电路的走线和元件的位置。这样可以避免在调试中出现不必要的差错而引起失误。笔者设计的印制电路板见图4，电子版的印板图见本期光盘。两个声道是独立的，制作时先安装一个声道，调试完毕后再装另一声道。

第二步应该先把电源部分做好，因为后面挑选元件时要用到。笔者实验时，采用20世纪70年代上海民生牌JK50－1A扩音机的机壳和电源变压器，这个变压器是上海无线电

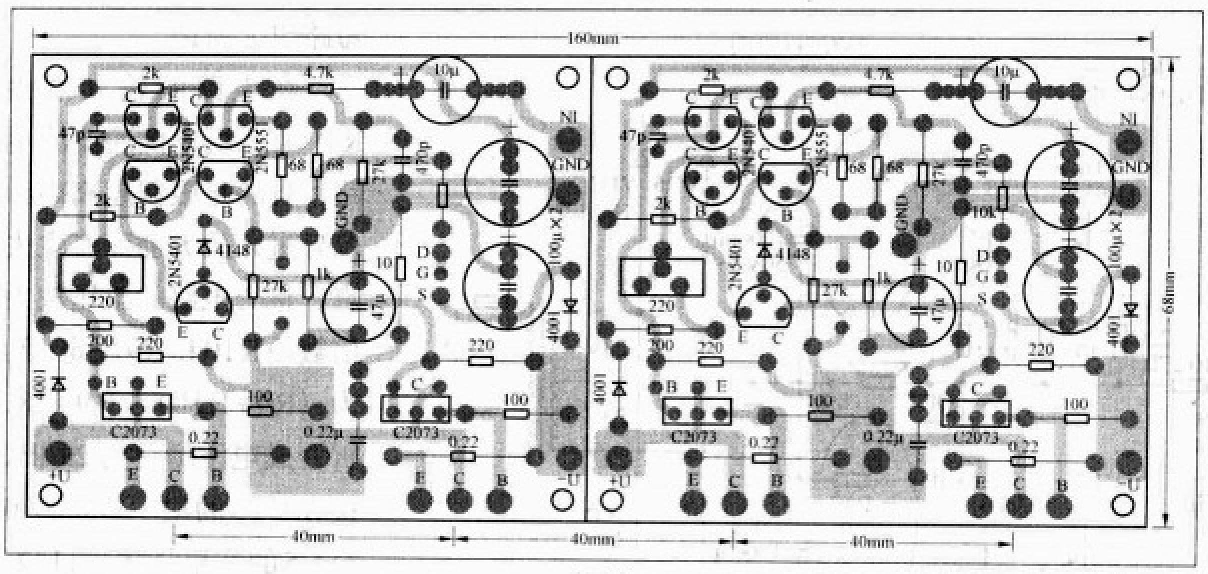


图4

二十七厂生产的，型号为DB−137−113，输出电压为双23V，无论是外观还是素质都相当好。两个滤波电容用的是美国产的MALLORY(摩罗利)牌11000 μ F/50V，整流桥是国产10A。装好的电源部分见图5。

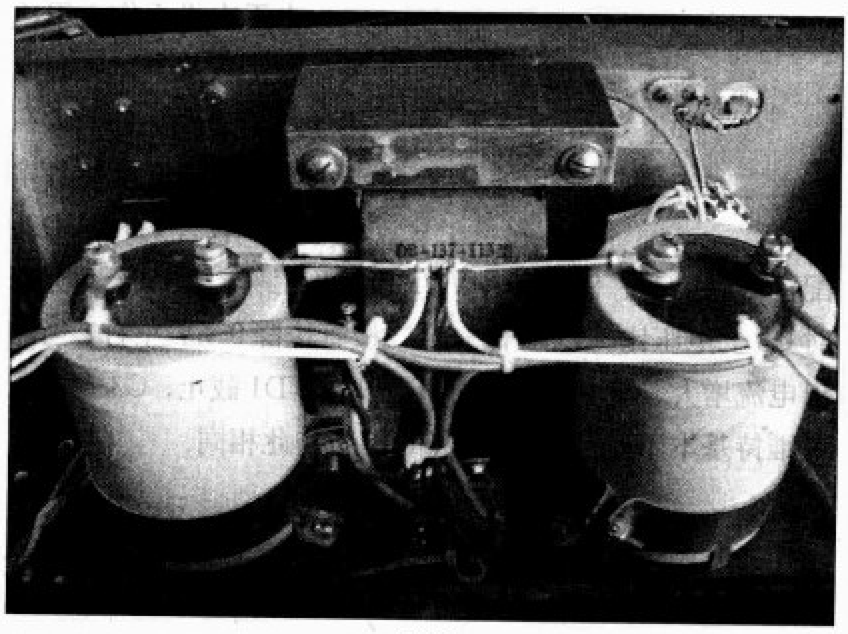


图5

下一步就是要挑选元件，这是关系到成功与否的关键的一步。买元件不一定是最贵的，也不必非得要名牌产品，但必须要质量好的。质量不好的元器件装上之后可能会出现意想不到的故障，轻则不能正常工作，重则还会引起其他元件的损坏。

1. 电阻的挑选

电阻除了R15、R16和R17采用2W以外，其余均为1/2W。

用于检测电流的电阻要求阻值尽量准确，例如：测量R5两端的电压就可以根据欧姆定律换算出其中的电流，它就是VT1和VT2两管发射极电流之和。还有R15、R16上的电压分别反映了VT8和VT9两只管子的发射极电流的大小，所以也要求阻值尽量准确。

作用相同的电阻要求配对。例如：R6/R7、R2/R10、R3/R4、R11/R12、R13/R14，阻值不一定太准确，但是都要求配对。因为如果都要求既精确又配对，那就太难了。

2. 电容的挑选

所有电容都要用指针式万用表检测一下是否漏电，粗测一下容量大小。如果有数字电容表的话，最好测测其容量是否足够。电容的品牌和质量对音色影响很大，可以根据各人喜好和条件进行选择，可以先用普通品，以后有了高级品再换。笔者在本机试验的时候，输入电容C1采用的是国产CA型钽电解电容，消除自激的C5用云母电容，负反馈交流通路电容C6最好用无极性电容，如果没有，也可用普通电解电容，注意应该将它的正极接地。

3. 晶体管的配对

晶体管全部选用容易购买的型号，VT1/VT2选用2N5551或C2240。VT3/VT4/VT5用2N5401或A970。VT6/VT7用C2073或D669。VT8/VT9选用金封管2N3055或者塑封管C3281、C5200。这四对管子要求配对。因为是在同极性同型号的管子中挑选，况且现在的晶体管制造技术和工艺与20年前已经不可同日而语，只要是同一厂牌同一批号的产品，一致性都比较好，它们的电流放大系数、饱和压降、反压等等参数都非常接近，所以配对就容易多了。尽管如此，仍需仔细挑选，有条件的话，应该使用晶体管特性图示仪对电流放大系数β和集电极、发射极反向击穿电压BV_{ceo}进行测量挑选。晶体管的配对最主要的参数是电流放大系数β，特别要注意测试条件应与它在电路中的实际工作状态相近。比如本电路中的第一级的差分对管VT1和VT2，实际工作时每只管子的静态电流约为1.5mA，那么

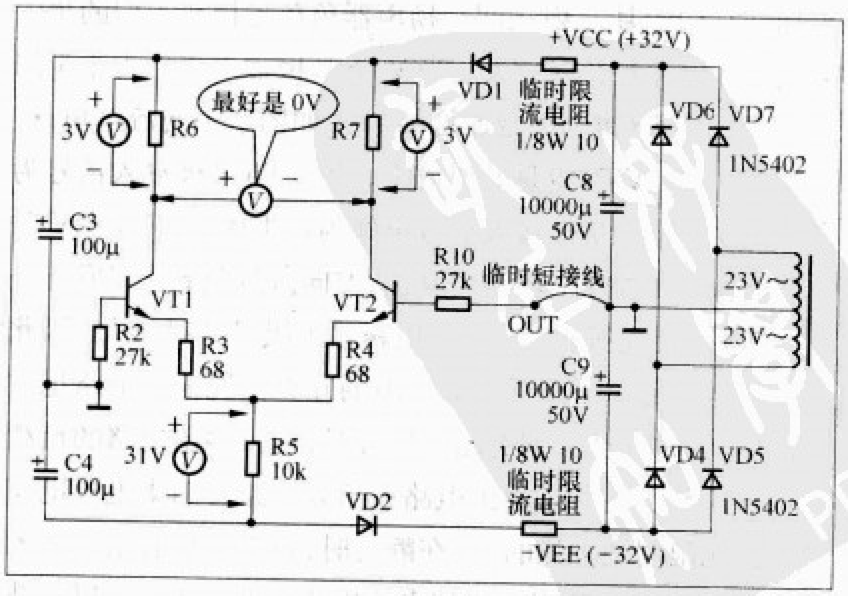


图6

就应该选用在此电流时β相近的管子。因为一般晶体管的电流放大系数β值并不是恒定不变的，而是随着集电极电流的大小有所变化，对于线性好的晶体管，它的输出特性曲线在一个较宽的范围内几乎是一簇间隔均匀的平行线。

如果没有晶体管特性图示仪，可用数字万用表按如下方法进行挑选配对。

为此先要做好电源整流滤波电路，如图6的右半部分。先在印制电路板上VD1、VD2的位置上焊上两只1N4001，电容C3、C4也先焊上。再将正负电源经过两只10Ω、1/8W电阻接到电路板上，作为限流保护，以免造成大的损失。注意这两个电阻要等到整机全部调试完毕才可以拆除！用数字万用表的直流电压挡测量正负电源电压，应该在±32V左右。然后把经过挑选的R2～R7及R10这7个电阻焊在电路板上，并临时用一根导线将电路输出端对地短接（就是用导线代替扬声器）。在VT1和VT2处焊上6个用裸导线自制的晶体管插座，如图7照片所示。然后把待挑选的两只晶体管2N5551插在上面。通电后用直流电压表测量电阻R5（10kΩ）两端的电压，应该在31V左右，于是可以根据欧姆定律计算出其中的电流：31V/10kΩ=3.1mA。这就是流过VT1、VT2两只管子的发射极电流之和。再分别测量R6和R7两端的电压，都应为3V左右。如果相差太大，说明两只管子的电流放大系数β不相等，应该换掉其中一只管子再试。如果两只管子的β相等，则R6、R7上的电压也相等，此时用电压表测量两只管子的集电极之间的电压应该等于零。用这种方法挑选出两对2N5551作为左右声道的第一级差分放大管。这对管子的配对最为关键，要仔细挑选。如果误差太大，直接影响输出（OUT）零点位。因为整个放大电路的九只晶体管之间均为直接耦合，第一级的静态工作点直接影响最后一级。第一级的偏差经过后面逐级放大，会使输出零点电位偏离甚远，可以说是失之毫厘，差之千里，所以这一对管子要尽量精确配对。

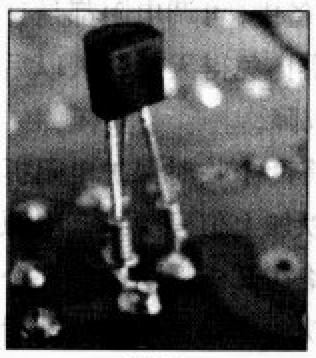


图7

第二级差分放大管可用图8所示的电路进行挑选。首先把挑选好的一对2N5551直接焊到电路板上，如果R6和R7两端的电压不相等，可以试着用一只1kΩ可调电阻并联到R3或者R4的两端，仔细调节它就可以使VT1、VT2两管的集电极之间电压为零。然后焊上RP和R8，并在VT3、VT4的位置上焊上六只临时插座，再把R11（220Ω）焊上，

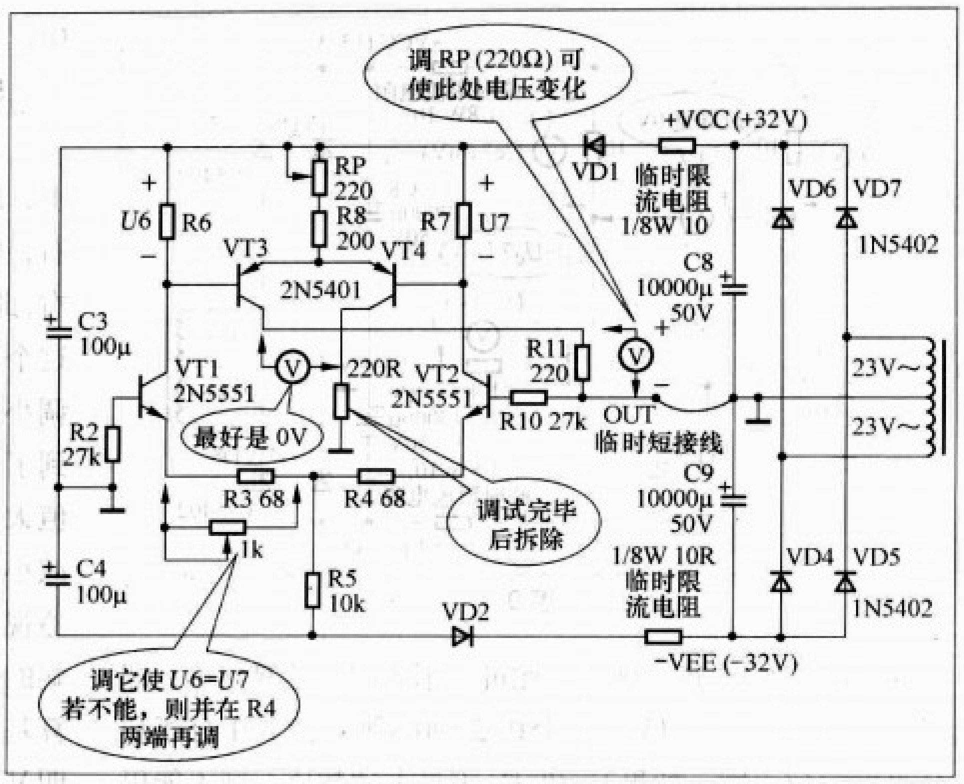


图8

另外在VT4的集电极临时接一只220Ω的电阻到地。插上两只2N5401晶体管，用电压表分别测量这两个220Ω电阻两端的电压，看它们是否相等，如果不相等，说明两只管子的β值不等，换一只再测，直到配对为止。此时，把电压表接到VT3、VT4的集电极，电压应接近于零。然后调整可调电阻RP（220Ω），电压如果总是在0V左右，则说明这两只管子线性也比较好。因为调整RP就改变了两管的集电极电流，如果集电极电流变化时，总能保持两个220Ω电阻上的电压相等，就说明这两只管子的线性较好。用这个办法挑出两对2N5401作为左右声道的第二级差分放大管，然后把VT4集电极接地的220Ω电阻拆下，焊在R12的位置，最后一定不要忘记把输出端的对地短路线拆除。

推动管和输出管VT6～VT9仍可按图6所示的电路的方法进行配对，不过需要更改一下电阻数值。也不再在印制电路板上进行测量配对，因为电路元件很少，可以另外搭一个电路，如图9所示。基极电阻改为10kΩ，集电极电阻为10Ω（用于检测集电极电流），共用发射极电阻决定两个管子的发射极总电流，测VT6、VT7时为1.5kΩ，总电流约为20mA，每只管子集电极电流应为10mA。测VT8、VT9时为750Ω，总电流约为40mA，每只管子集电极电流应为20mA。具体挑选方法如上所述。晶体管电流放大系数β可用如下方法简单估测。因为$\beta=I_c/I_b$，而I_c、I_b这两个电流可以测出，但是需要断开集电极和基极把电流表串联进去，不太方便，因此可以先用电压表测出集电极电阻和基极电阻两端的电压，然后再根据欧姆定律算出其中的电流。图8中，VT7的集电极电阻为10Ω，基极电阻为10kΩ。如实际测得U_c7=180mV，U_b7=2V，可以算出：I_c = 18mA，I_b

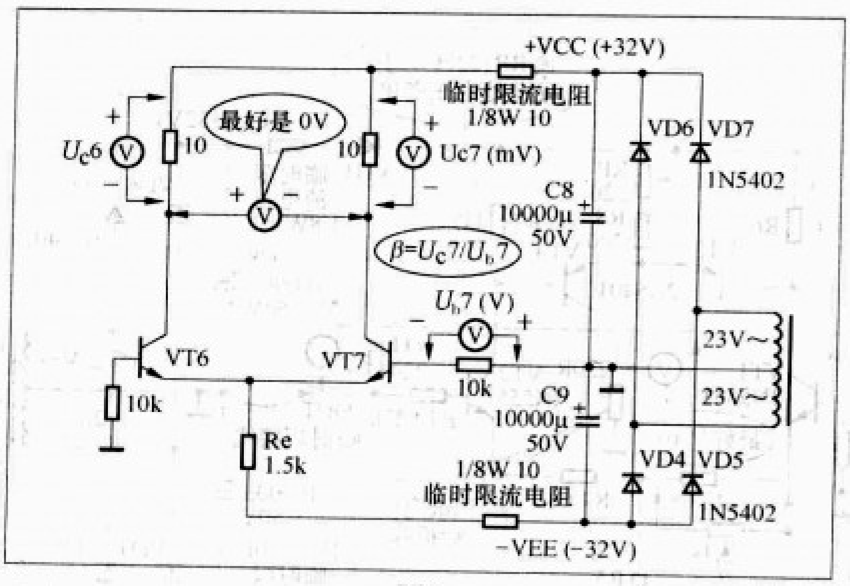


图 9

= 0.2mA，结果 $\beta = 90$。因此可用下式间接地算出 β，即 U_c7（mV）/ U_b7（V）= 180/2=90（要注意式中分子和分母的单位不同，如果 R_c 和 R_b 不是上述数值，则不能用它计算）。输出管的 β 不宜太大，一般在50～90即可。上面介绍的这种选管方法简单实用，安全可靠，选出来的管子参数与实际工作状态相近，是一种值得向大家推荐的好办法。

4．推动级的调试

这一步可以将除了VT8、VT9以外的所有晶体管和电阻、电容全部焊到印制电路板上，如图10所示。在通电之前，务必要将RP（220 Ω）调到阻值最大的位置，这一点相当重要，否则可能在开机瞬间烧坏元件！注意先不要接扬声器！将直流电压表接在输出端扬声器的位置上，观察开机瞬间输出零点电位的变化。通电测试时采用瞬时开关法，就是打开电源开关后立即关上，整个开关过程控制在两三秒钟之内。同时注意观察电压表的指示，电路正常时电压应该等于零，或者稍有摆动。电压表如果是指针式的，则反应较快，假如表针反打，那么应该把表笔对调再试一次。如果是数字式万用表，则反应较慢，表笔怎么接都可以。要注意观察有没有烧焦冒烟现象或者发出爆裂的声音，如果电路和元件有问题，那么往往在这开机一瞬间烧坏元件。假如没有异常情况发生，就可以再次长时间地开机，并用电压表测量电路中各点电压是否正常。最关键的仍然是输出端电位是否为零。如果偏差在± 1V之内，就算基本正常，暂时不必管它。继续测量R5、R6、R7两端的电压和VT3、VT4的集电极一发射极之间的电压是否正常，这几处关键点的参考电压数值标在图10中，不应相差太多。

5．功率输出级的调试

这是最后一步，把事先挑选好的输出管VT8、VT9焊上，开机后首先监测输出端的直流电位，看它是否为0V左右，然后分别检查R15和R16上的电压，应该在4.5mV左右，此时对应的发射极电流为20mA，稍有偏差也是允许的。这个电流的大小由RP+R8的阻值决定，一开始可以把电流调小些，过半个小时以后再调到额定值。如果已经把RP调到了最小值，输出管电流也达不到20mA，那就是管子的 β 值太小，可以将RP调到最大值以后，再把R8的阻值稍微减小一些再试。调RP时动作一定要缓慢，一边调一边注意监视R15或R16两端的电压。最后一定要再检查一下输出端的直流电位是否在0V左右，如果在± 100mV 以内，就算基本可以了，最好在± 50mV以内。如果偏离太多，那说明VT1、VT2配对不够精确，可以试着在R3或者R4两端并上一个1k Ω可调电阻，通过调整它使输出电位接近0V。然后拆下可调电阻，用数字万用表的电阻挡测出它的阻值，找一个阻值与它相近的固定电阻把它换下来。RP调好以后最好也如此处理，因为在所有电子设备中，可调电阻都是日后产生故障的祸根，最好一个也别用！免得天长日久以后产生接触不良，引起本不该发生的故障。

到此，全部调试工作完毕，可以将两个临时保护电阻拆除了。接上一只廉价的扬声器，就可以加上信号源打开电源开始煲机了。您可能会发现这个电路在开机瞬间没有那个令人生厌的“砰”声，这是因为这个功放的输出电路是共射放大，开机时输出端(OUT)的电位变化很小，这就是与通常的射极输出电路的不同之处。

现在您就可以一边听着音乐，一边安装另一声道的电

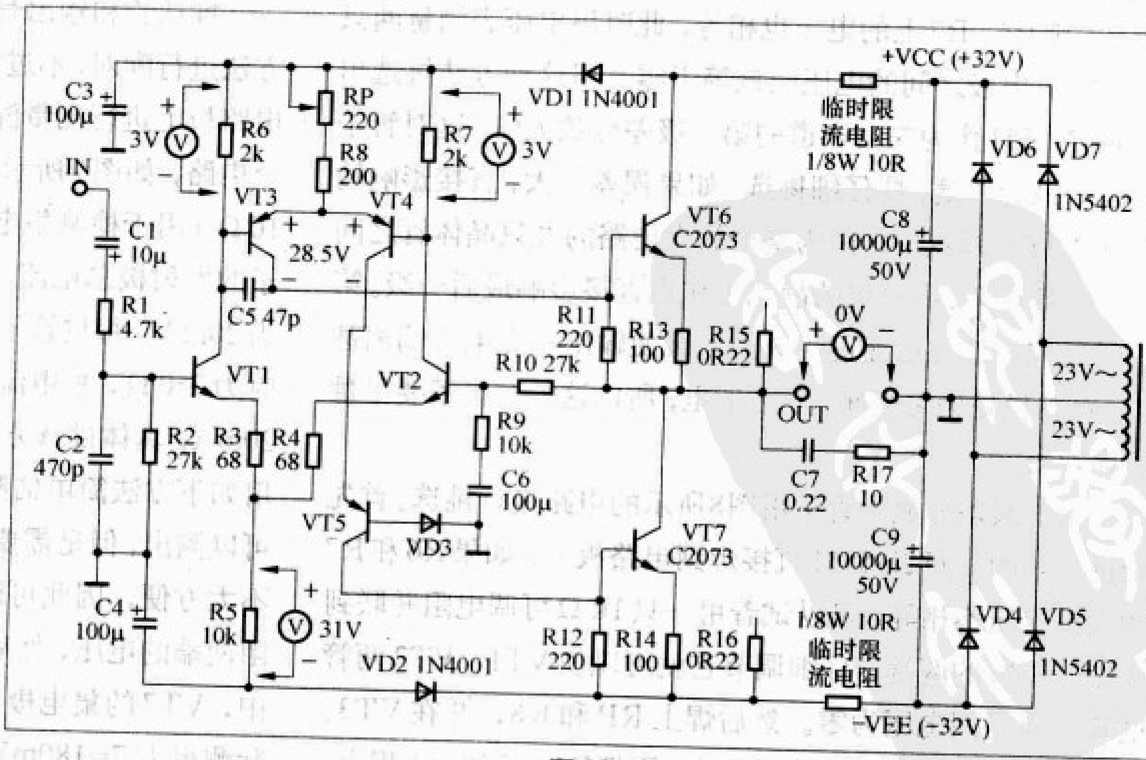


图 10

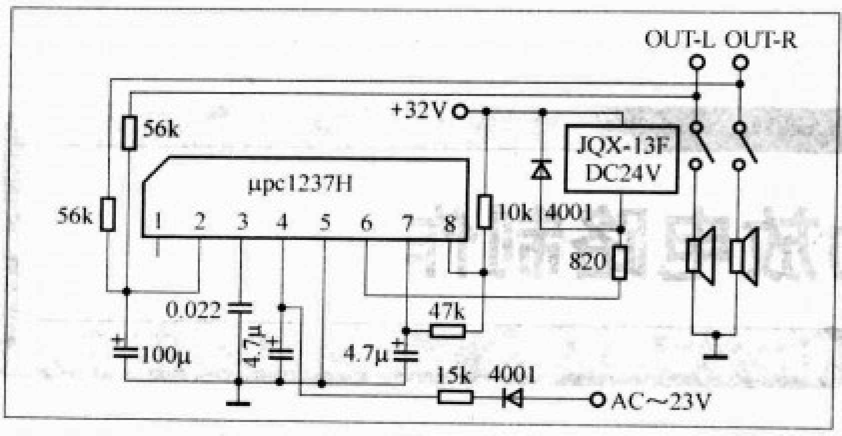


图 11

路板了。

性能与改进

作为OCL功放，做一个扬声器保护电路是非常必要的，如果您的音箱比较高档，把它接到一个没有保护的功放上总是让人有些放心不下。采用NEC公司的μPC1237H扬声器保护专用集成电路是一个简单可靠的方法，电路如图11所示，外观照片见图12。其工作原理本刊以前多有介绍，此处不再赘述。

经过实际测试本机最大不失真输出功率为32W，如果把电源电压提高到±40V，则输出功率可达70W以上。本电路是低偏流的甲乙类推挽放大，末级功放管静态工作电流

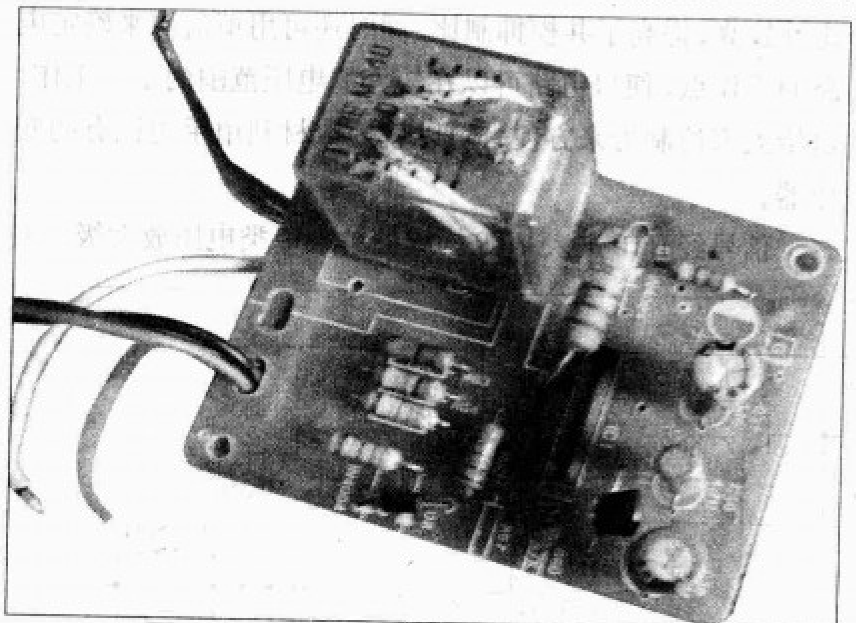


图 12

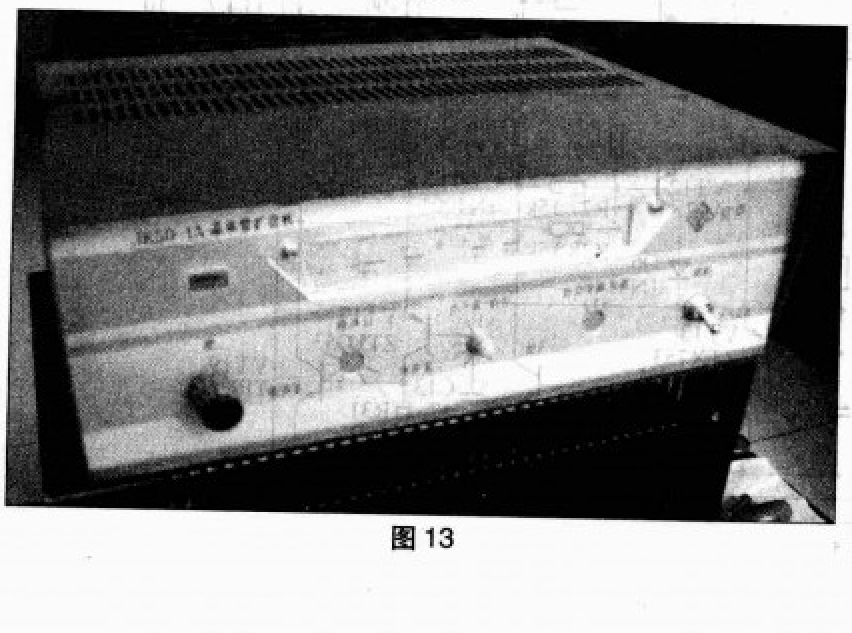


图 13

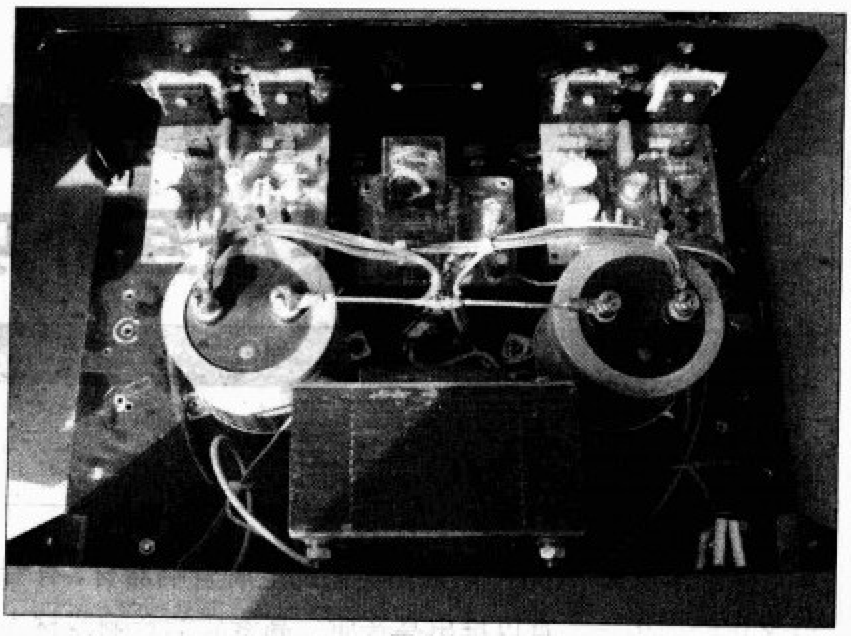


图 14

在20mA左右，如果调到200mA，再把散热片加大，使它工作在高偏流状态，音色还会醇厚一些。不过此时需要进行必要的温度补偿，具体方法是把R5改为结型场效应晶体管，做成3mA的恒流源。能够买到3mA的恒流二极管最好，也可以用I_{dss}为3mA左右的场效应管将其源极和栅极短接，做成恒流源，还可以用I_{dss}大于3mA的管子如图3标出的部分那样加一个源极电阻。先用一个1kΩ的可调电阻把漏极电流调到3mA，然后测出可调电阻的阻值后，用一个数值相近的固定电阻换上。一定要注意，该场效应管的耐压必须大于它的实际工作电压，在本电路中其耐压应该不低于35V。把这个结型场效应管用两根导线从电路板上引出，安装到功率输出管的散热片上，使它和功率管产生热耦合。因为结型场效应管具有负的温度系数，温度升高时它的漏极电流会减小，从而起到稳定功率输出管工作电流的作用。

输出管还可以改用日立的场效应晶体管2SK134或2SK1058，电路板上的所有元器件及数值都不必变更，但是一定要把它的管脚接正确。K134的外壳是源极，K1058的中间脚是源极。场效应管晶体管(FET)和普通双极型晶体管(BJT)的电极对应关系是：源极S－发射极E，栅极G－基极B，漏极D－集电极C，注意不要搞错。在电源电压相同的条件下，采用K1058以后最大输出功率只能达到21W，但出来的声音和双极型晶体管截然不同，喜欢场效应管音色的朋友不妨一试。

整机外观见图13，内部结构如图14。

更正

在今年第4期25页的图5中10kΩ的电阻的下端不应接地，而应接+380V。27页的图4中与电子管相接的两个二极管接反了，正确的接法是两个二极管的正极应接地。这是我们工作的失误，在此我们向读者表示歉意。

经典准互补功放电路制作

文/杨 帆

音乐传真X-A50一个来自英国的老牌音响器材，有着20多年的历史，一直以推出高音质、高素质的音响器材为理念，多年来备受世界各地音乐、音响爱好者的青睐和推崇。1995年，音乐传真成功的发售X系列产品，包括解码器、LP唱头放大器、前级、功放等。该系列产品采用独特的管状机箱，新颖的外观和良好的音乐表现广获好评，加上非常具有竞争力的价格定位，使其售出10万套以上。

最近在网上找到了一些X-A50的原机资料，包括线路，布线，外观等，于是产生了仿制这台经典机器的念头。X-A50相比他的大哥A200来说只是这个系列里面的一个小不点，他采用单声道设计，提供50W/8Ω、100W/4Ω的输出功率。

1.原理分析

X-A50的电路如图1所示，从电路图上可以看到它采用准互补结构、差分输入级带恒流源负载、两对同极性NPN功率管并联输出。同极性NPN管配对容易，这给业余仿制带来了很大方便，不会因为元件离散性使得仿制的机器指标严重偏离原厂水平，这样仿制的时候能心中有数。电路输入部分的R1、C1组成高通滤波器，R2、C2组成低通滤波器，这样可以衰减不必要的信号，提高信噪比，降低互调失真。VT1、VT2两只A92构成差分输入级，采用PNP管做差分放大，具有一致性好、容易配对、工作噪声低等优点。VT5、D2、D3是差分放大级的恒流源，D2、D3同时也是电压放大级恒流源负载的电压基准，VT3、VT4是差分放大电路的恒流源负载。由于采用了双恒流源，使电路稳定性较高，提高了共模抑制比，同时还可用恒流源来确定电路的工作点，使得电路可以在较大的电压范围内正常工作，这给大家仿制带来方便，可以就地取材利用手边已有的变压器。

信号经R10进入VT9构成的单端甲类电压放大级。末

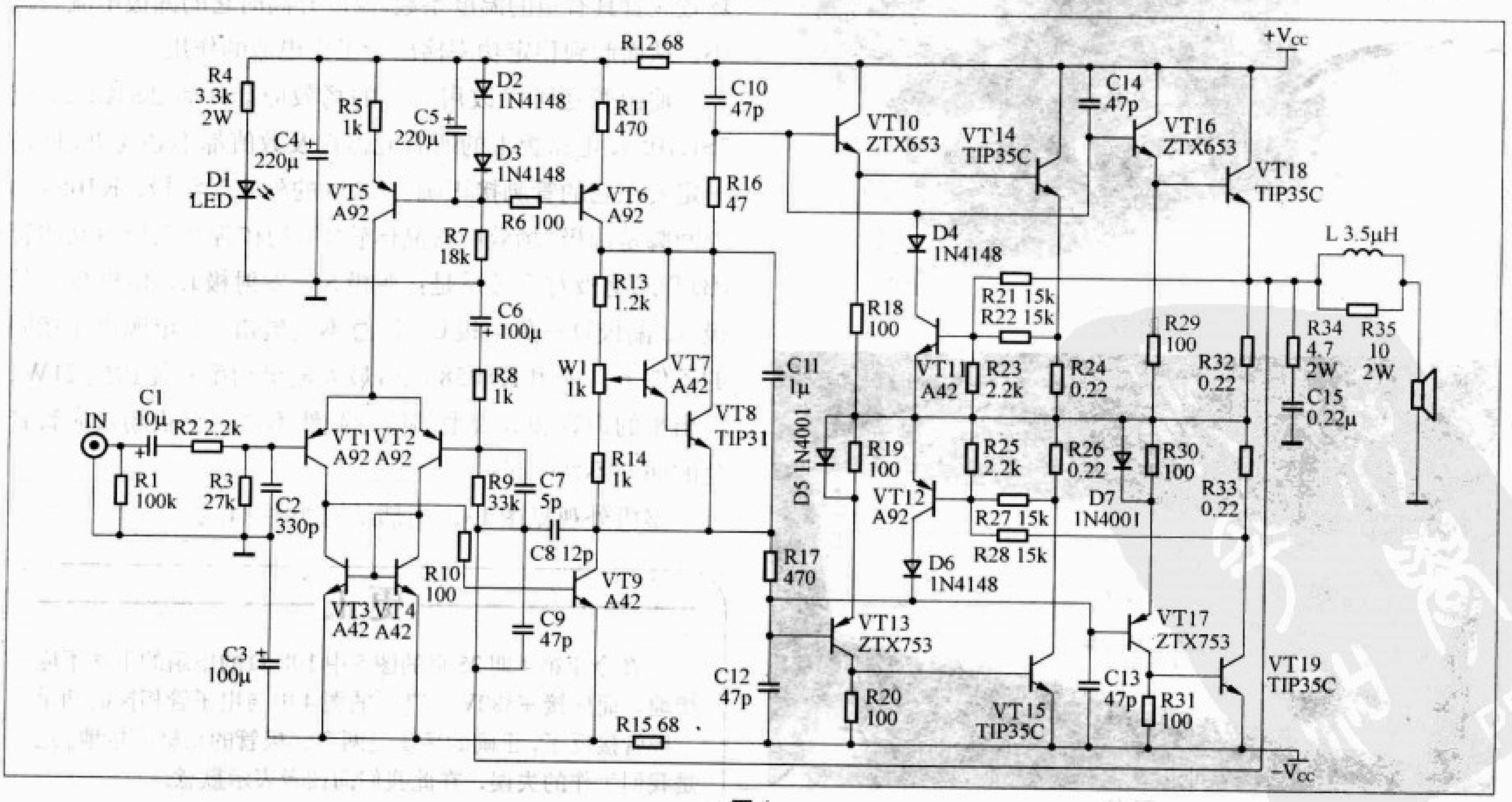


图1

级静态电流控制用了VT7、VT8组成的复合管V_{BE}倍增电路，将可调电阻W1滑到上端，复合管导通程度增大，内阻减小，C、E极间压降减小，从而使大功率管发射结电压降低，静态电流变小，反之则变大。VT8安装位置在大功率管旁边，与功率管形成热耦合，起到补偿作用，避免电路静态电流因为温度升高而不断增大的恶性循环甚至烧毁的情况发生。

推动级由VT10、VT13、VT16、VT17构成，一只推动管负责一只大功率管，彼此独立，所以一共有两对推动管，这点与很多功放都不相同。这样推动管的负担就很小，可以选择合适的工作点获得最好的线性。

VT11、VT12是功率管过流保护，从功率管射极输出电阻上取样，当电流过大时，VT11、VT12逐渐由截止变为导通，将功率管基极输入信号分流直至短路，必要时可以关闭功率管保证安全。

R9、R8、C6是负反馈网络，决定着功放的闭环增益。电路增益约为30dB。

现在电脑已经非常普及，这给设计制作带来了极大便利。在制作前，我用MULTISIIM仿真软件对此电路进行了

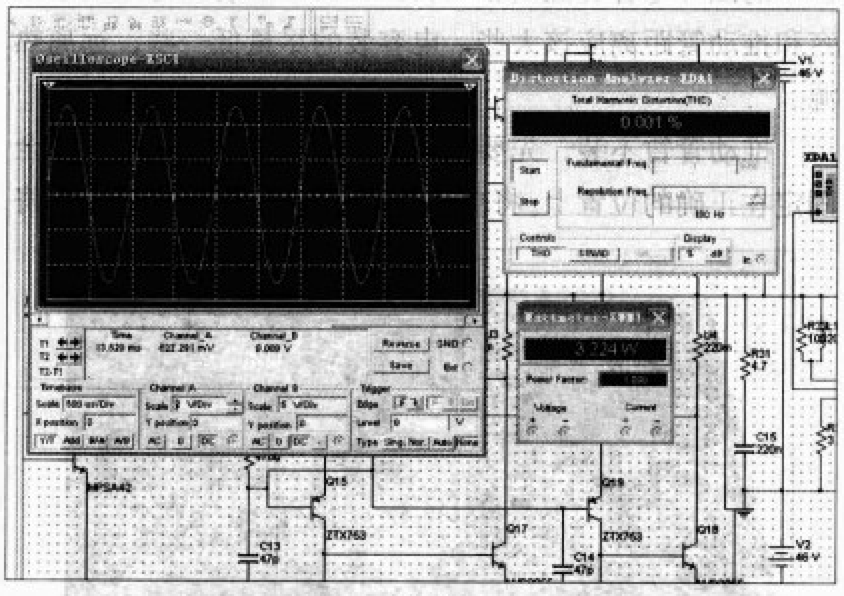


图2

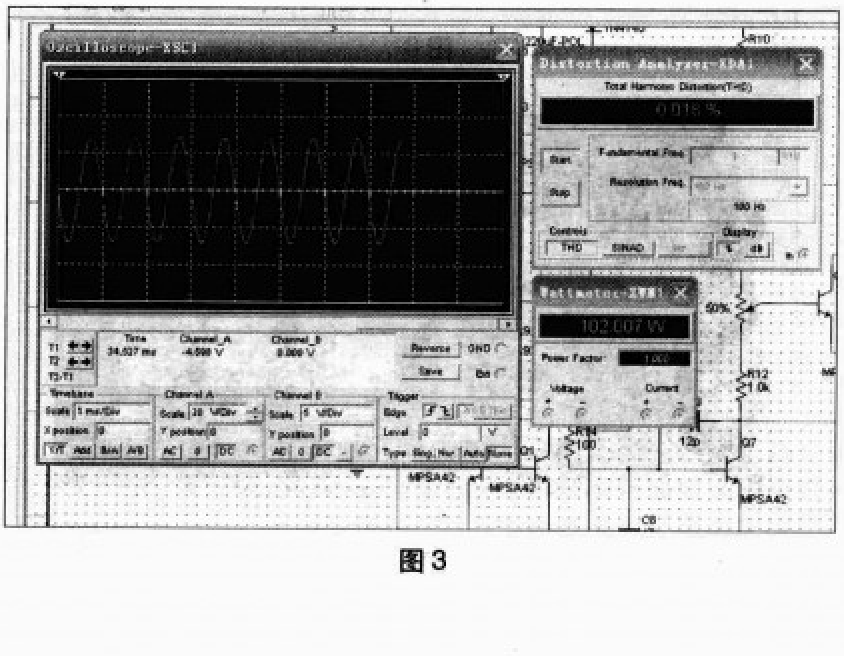


图3

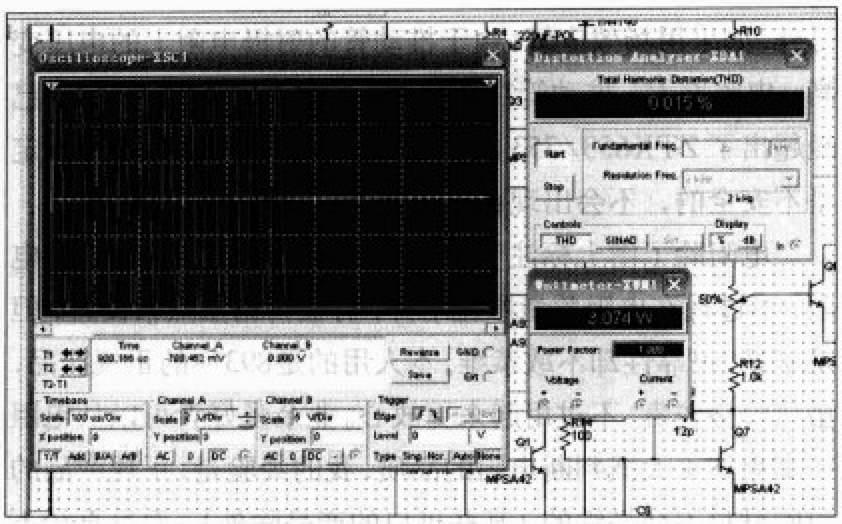


图4

仿真测试。图2所示的是输入信号为1kHz、输出功率为3W左右的仿真结果，失真率在0.001%，图3所示的是输入信号为1kHz、输出功率为102W左右的仿真结果，失真率在0.018%，图4所示的是输入信号为20kHz、输出功率在3W左右的仿真结果，失真率在0.015%。在仿真时，静态电流调整到约50mA，以符合实际使用情况。从仿真的结果可以看出，此电路的失真很小，性能还不错。不过电源电压和失真率的关系较大，如果用±40V供电，则失真要大一些，所以建议大家在仿制的时候采用±50V供电，有一点要注意，原机工作电压大约±33V，其电压放大级的工作电流接近13mA。如果提高了电源电压，其电压放大管和其恒流源的耗散功率增大，因此需用更大功率的管子来替换或降低该部分的工作电流。

2.元件选择

原机电路中的推动管ZTX653/753属于比较难购到的配件，这里用日立的推动专用管2SD667、2SB647替换，这对日立管子最大功耗指标虽然不及ZTX，但是它具有更低的输出电容以及更好的线性度，这样有利于还原高频信号和降低失真。电流放大用的MF152N是音乐传真定制的器件，根本不可能买到，除非从音乐传真机器里面拆，这样当然是不可能的。这里采用TIP35C大功率管来代用。TIP35C虽然档次不高（外形见图5），但仍然是专为低频放大和开关应用开发的，从找到的资料来看，TIP35C可以说是最接近于原机的管子了。有些人认为MF152N是场效应管，本人经过亲自实验，发现这是不正确的。从电路上来看，如果用场效应管，根本无法提供静态电流，因为场效应管的开启电压一般为3V，比双极性管的0.7V高得多，简单计算一下就可以知道，电路中的偏压即使调到最高也无法满足这个要求。

图5

另外，如果用场效应管，由于推动管的射极电阻上的电压变高，电流增大，推动管功耗会过大，静态时则超过1W，已经超出了ZTX653/753的允许工作范围，这样的使用肯定是不安全的，不会出现在一个商品化的成熟产品里面。

电阻除了图上标注了功率的外，都用1/4W金属膜电阻，不过现在电阻质量参差不齐，有些价格虽然很便宜，但是质量、可靠性却不敢恭维。本人用的是893厂的正规产品，虽然价格较贵，不过用起来更放心。业余爱好者可以从电阻引脚粗细来大概判断电阻的品质，我的经验是，正规产品的引脚材料不会是铁的（某些进口的产品除外），而且直径不会小于0.5mm。

耦合电容C1应该考虑用音频专用电解电容，这些电解电容都采用了OFC材料的引脚，并且自身失真很低，读者可以根据自己的听音经验和音色偏好来选择。本人选用的是ELNA的SILMIC电容。负反馈网络中的电容C6也应选用音频电解电容，这些关键位置的电容对于音质音色有较大影响。C3、C4是退耦电容，应该用ESR低的型号，比如日本化工的LXZ、红宝石的ZL等，本人选用的是松下FC电容。C5用以消除恒流源电压基准二极管的齐纳噪音，选用原则同退耦电容。

小信号三极管A42/A92非常常见，只是要提防一些劣质仿冒品，同样可以通过引脚材料来作为判断参考，仿冒品多是铁质引脚。电压放大级VT9应选择h_{fe}高一些的管子。VT1、VT2和VT3、VT4是差分管，与镜像恒流源必须配对，一般用万用表筛选即可，中点电压可以比较容易控制在20mV范围之内。推动放大电流级的管子，也是这个办法。在业余条件下用万用表筛选，选用同一批次编号的管子即可。要求严格的，可以自搭电路进行配对，差分输入级电路的管子在工作电流为0.6mA电流的条件下进行配对，推动级电路的管子在工作电流为6mA~7mA的条件下进行配对，末级电路的管子可在工作电流为2A的条件下进行配对。

输出端串接的电感的绕制方法是用直径0.8mm的漆包线在直径6mm的钻头或者丝杆上绕24圈，然后折回在第一层上绕19圈。这个电感要求不严格，无需过多苛求。

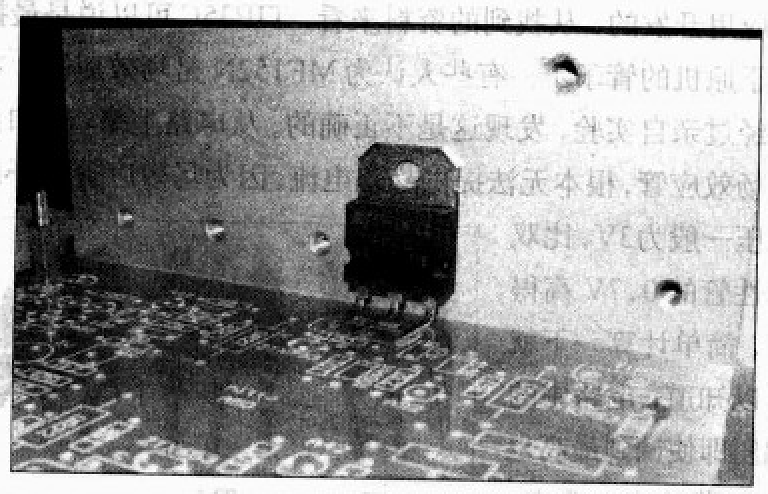


图6

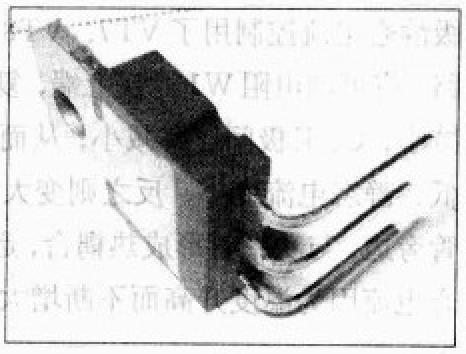


图7

3.制作过程

拿到PCB板，先不忙焊接元件，而是将散热片、功率管摆好，定位钻孔（见图6），以便在散热片上攻丝，如果先焊接上了元件，再摆位置，钻孔、攻丝就会受到阻挡，不方便定位。在定位时候，可先给板子固定孔装上铜柱，这样方便调整高度。功率管引脚弯曲要适度（见图7），不要弯成很尖的直角，留一定弧度，以免折断或者影响其导电性。

将所有需要在散热片上面固定的5个管子的孔全部打完后，开始焊接PCB板上面的零件。在焊接时，一般分门别类，从最矮的元件开始，其顺序是：先焊小功率电阻、二极管（见图8），再焊小电容、小功率三极管、功率电阻、电解电容（见图9）。总之以不妨碍下一步元件焊接为宗旨。补偿用的磁片电容受温度影响较大，所以推动管旁边的小电容和推动管距离应该大些，电容装的尽量低一些，远离热源。

推动管暂不装，先要做的是把散热片上的功率管完全固定在正确的位置上。将功率管很松的拧在散热片上，再将

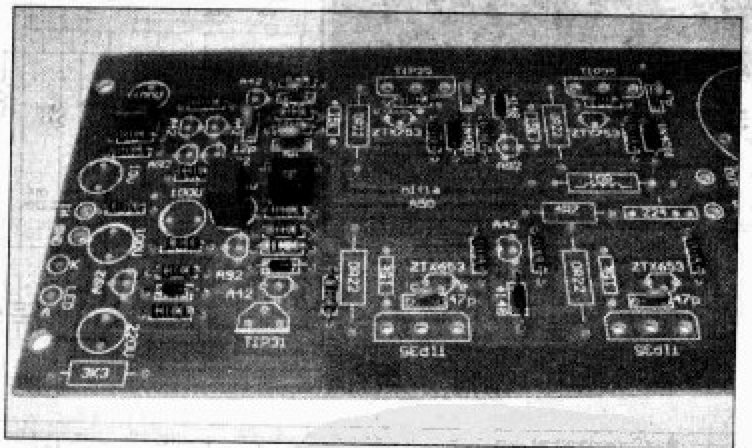


图8

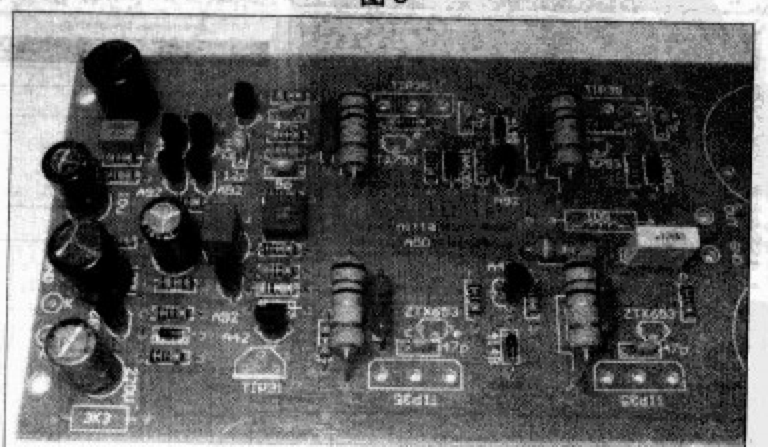


图9

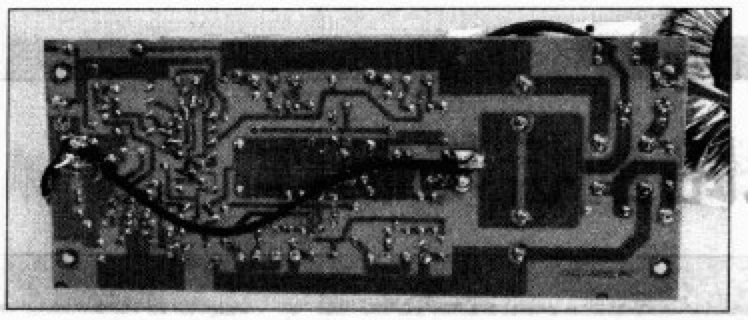


图10

散热片和PCB位置摆好，功率管引脚插入对应的焊盘，左右两边分别上紧螺丝，这样定位、固定就完成了。如果先安装了推动管，则此时就会挡住螺丝刀而无法固定管子。固定好管子之后，将散热片移开，焊好推动管，注意2SB647的管排列是B、C、E，而ZTX653管脚的排列是E、B、C，对应好后，正确插入。除此之外，热补偿管可以先直接焊到板子上面暂用。最后，不要忘记板子下面有一条飞线，用来连通地线的（见图10）。如果不慎忘了接，那么你会发现输出近乎是电源电压。大功率管先空着不装，滤波电容也暂不焊接，用万用表检测一下电源端，看有没有短路等问题，根据经验，在正常情况下用数字万用表二极管挡测电源两端的压降，如果都会显示“1”，表示此电路无短路现象。

现在可以准备通电了。装好整流滤波部分后，在变压器初级串一个100W的灯泡，在正常情况下只有开机瞬间才会亮一下。如果一直亮，那肯定是短路了，请赶快断电。将可调电阻调到使静态电流最小的地方，也就是中间的引脚接通到1.2kΩ（R13）上，现在可以打开电源了。

通电后，调整可调电阻，使TIP31的C、E极之间压降为2V或者更低一点，然后测中点电压，应没有大直流电压输出，最多几十mV。如果正常，就可以接入信号试机，用扬声器听一下是否有声音，注意将音量放到最小，逐渐加大一点，只要有声音就行。因为没有功率管子，开太大声，会很快严重失真。这一步通过了，就确认了电压放大到推动没有问题，板子基本上装好了。

最后将已经固定好功率管的散热片装在板子两边，小心翻过来焊牢，再次将功率管静态电流调到最小。通电时，别忘记串灯泡，将信号输入端短接到地，用万用表测试0.22Ω电阻上的压降，逐渐调高，原机本来静态电流就不大，调到15mV左右就足够了。静态电流调整需要根据你的散热片大小来决定，调整后要多观察，如果发现电流一直增大不停，则应该调小一些，必须让这个电流稳定

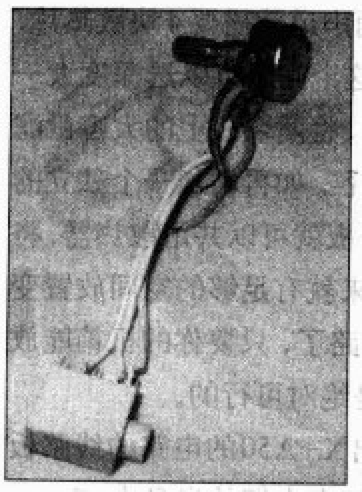


图11

在合理范围内，否则功率管会有烧毁的危险。

4.简单测试

辛苦半天终于开声，听着美妙的音乐，忽然想看看这个功放到底有多大能耐。如果手里没仪器，就用随处可见的电脑

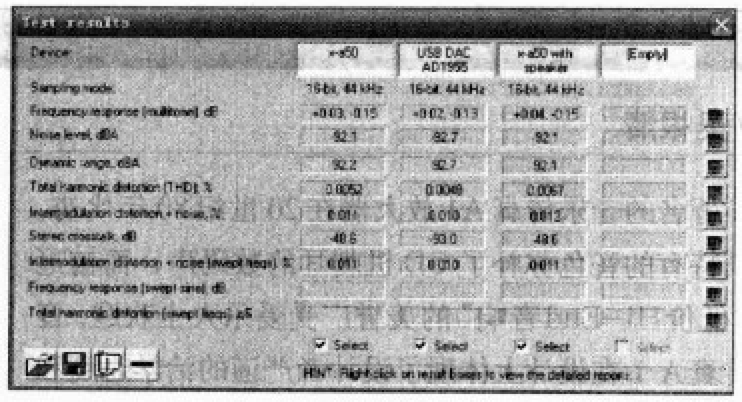


图12

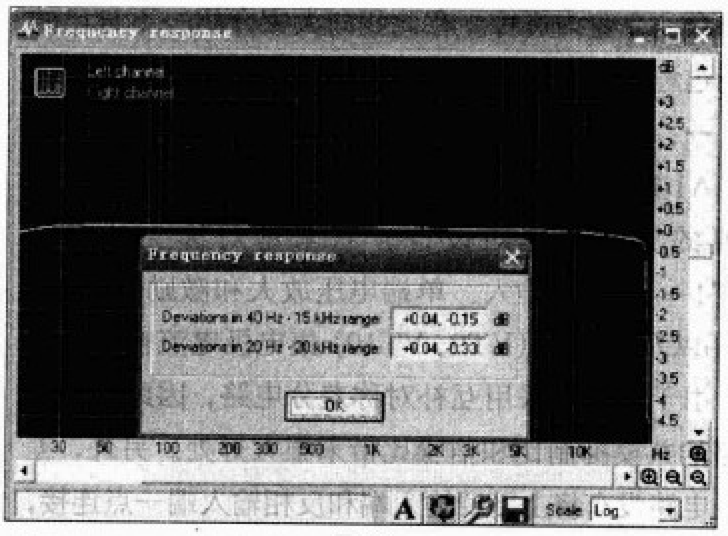


图13

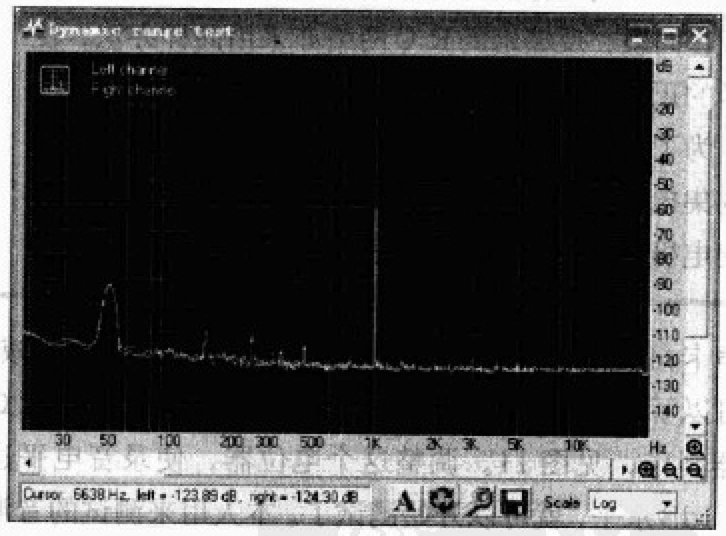


图14

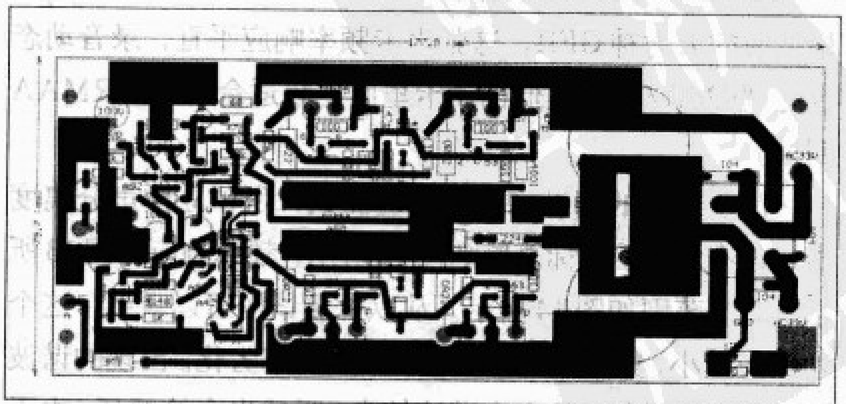


图15

优秀全互补功放电路剖析与制作

文 / 吴根清

著名的音乐传真A1放大器在20世纪80年代初，以其特有的音色弥补了CD机刺耳的数码声，而被冠以“低价Hi-End音响”的美誉广受爱乐人士欢迎。音乐传真A 1在设计上体现了设计者严谨的治学态度和务实高效的能力，线路简洁明快，元件平价普通，效果出众，令业内震惊。在此我向大家介绍一下自己的仿制过程。

一、电路特点

A1放大器的电路如图1所示，这是一款既传统又经典的放大器电路设计。它采用对称互补差动（VT1~VT4）输入、单端电压放大和激励(VT5~VT8)以及大功率（VT9、VT10）集电极电流输出等电路。由于输入级采用互补对称差分电路，因此对提高电路的共模抑制比和信噪比带来很大好处。另外，差分级电路没有将上下臂输入端和反相输入端一点连接，而是采用2只电容隔直的方式让差分管的上下臂驱动分开；同理，反馈端的R C网络亦采用同样办法，让信号的正、负半周各行其道。

为了防止输出信号受到电源供电的影响，差分对管的集电极没有简单的接在同一电位，而是将反馈管的集电极分别接在+12V、-12V端，具体电路如图2

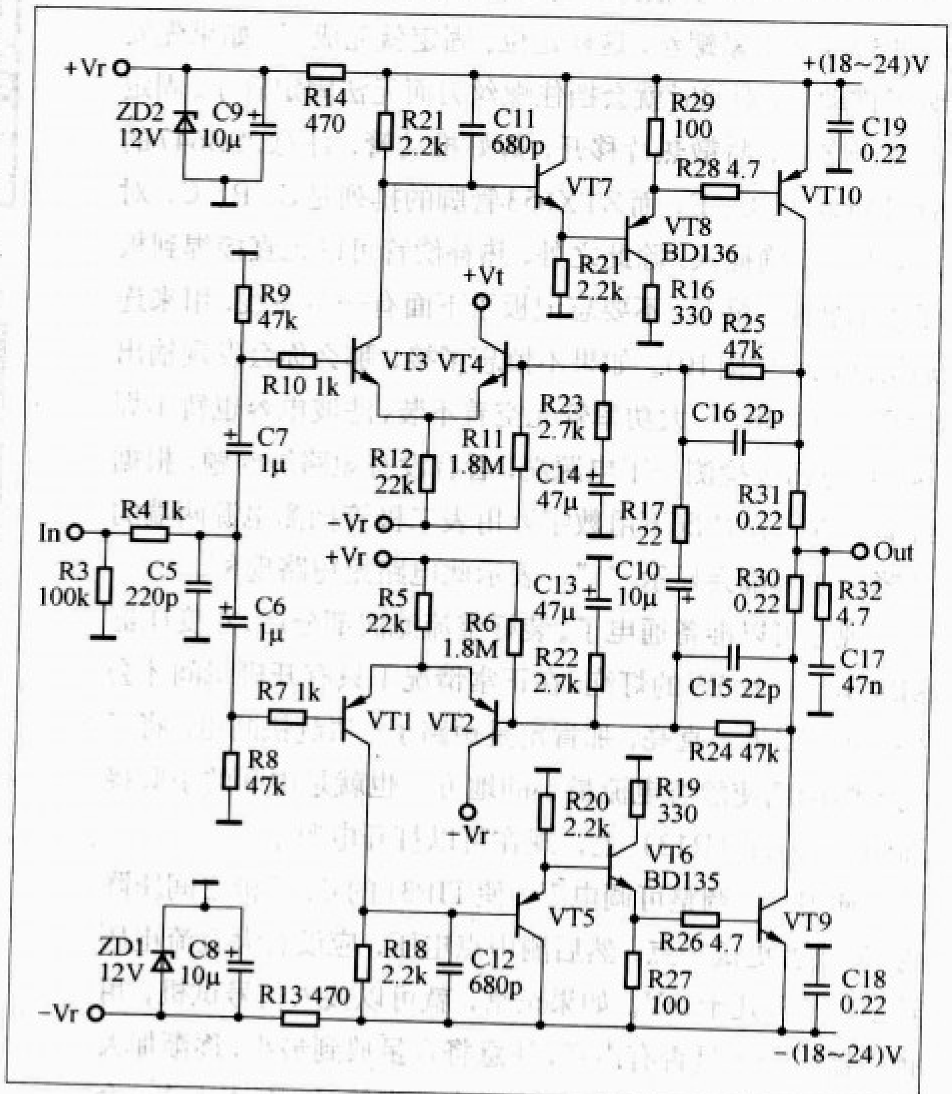


图 1

和声卡，再配合常用的声卡测试免费软件RMAA和衰减器，就可以了解功放的大致性能如何了。衰减器用一个10kΩ电位器制作，见图11。调整这个电位器，使录音电平达到约-1dB水平，就可以开始测试了。本人用来测试的音源是PCM2902 + AD1955制作的USB DAC，录音的声卡是价格低廉的大力神GFII，这张声卡频率响应平直，录音动态也能到93dB左右，在低档声卡里面比较适合用来做RMAA测试。

由于以下的测试均为单声道测试，所以立体声分离度指标没有意义。指标总览如图12所示，频率响应如图13所示，动态范围如图14所示。从以上测试图可以看到，这个功放失真小，频响好，信号经过放大没有劣化。出现的谐波主要为偶次谐波，且高次谐波较少，听感也会较顺耳，由于电源部分本底噪声较DAC直接输出的高，致使动态范围有所减小，并且消除了电源噪声，性能还可提升，值得一试。

最后简单说一下装箱的问题。仔细的读者可能已经想到，这种散热片在两侧的结构，两声道就需要4块散热片，对机箱内空间要求较大。要解决这个问题可以选深度大一些的机箱，将两块电路板重叠起来，将两块板上的大容量滤波电容换为100μF左右的退耦电容。如再增加一个独立的电源板给两块板供电，则两块电路板就可以共用散热器，将原本4块散热片减为2块，这样一来就有足够的空间放置变压器、滤波电容、扬声器保护等电路了，只要你的机箱能放进高度为10cm的散热片，这样是绝对可行的。

为了方便读者仿制，在此给出X-A50的电路的线路板图，见图15。X-A50的电路PCB在本期的光盘中。

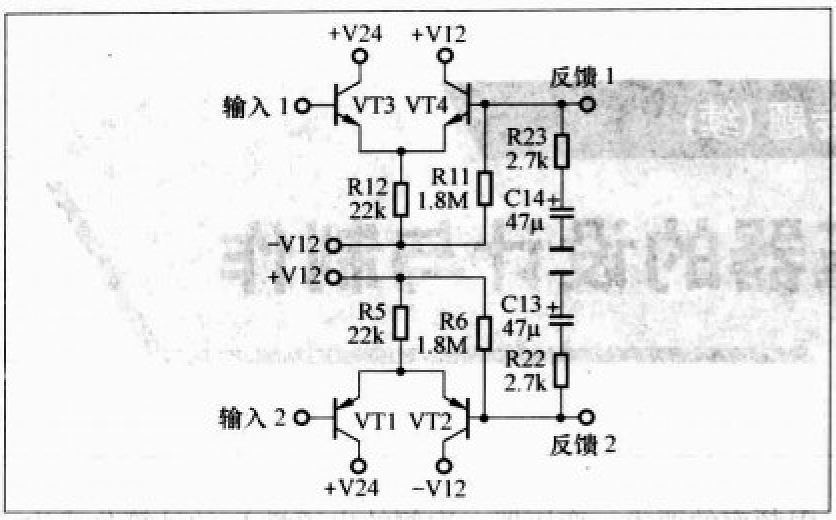


图 2

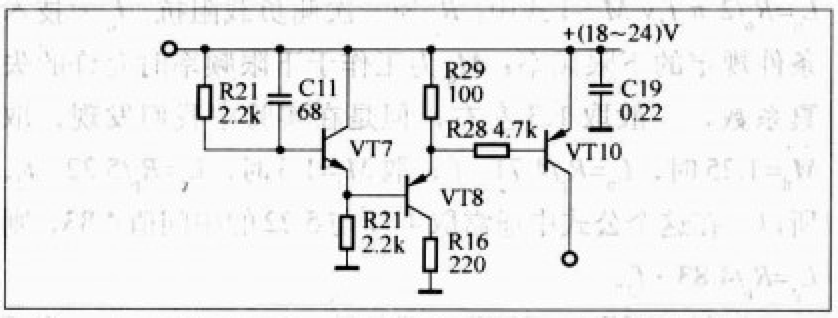


图 3

所示，以此提高了电路的电源抑制比（PSRR），改善了失真。电压放大级采用单端放大电路，并用两只管子组成达林顿串联并工作在甲类状态，为后级电流输出提供激励信号，具体电路如图 3 所示。

功率管为集电极输出（增益>1），C 极电阻为 0.22Ω/5W，静态电流>1A。由于各级放大都是采用直耦方式，因此差分输入级的工作电流一旦确定，其他各级也相应追随，所谓“牵一发而动全身”也正是这个电路的另一大特点。在 ±18V～±24V 的工作条件下，各级电压和电流已经设定在正常范围，一般不用再作调整，这也是该机设计严谨的一个方面。

二、元件选择

为了能达到原机性能，尽量选用与原机性能相同的管子，本机差分管选用 BC546、BC556；电压放大管选用 BC546、BC556；推动管选用 BD135、BD136；功率管选用 D1047、B817。

输入电容 C6、C7 可选用优质 MKP 电容，C10、C13、C14 可选用漏电小的优质电解电容，如选用无极电解则更好，C5、C15、C16 可选用独石电容或云母电容。电阻 R30、R31 可选用 0.22Ω/5W，R32 可选用 4.7Ω/0.5W，其余电阻可选用 1/4W 即可。

三、电路安装

1. 检查线路板有无搭线、错漏等，确认后待用。

2. 将元件测量检验后标注待用。

3. 对照图纸把元件逐一插入板子（先阻容元件，后三极管和大件），检查无误后再焊接，最后对焊点进行清理。焊好元器件的电路板如图 4 所示。

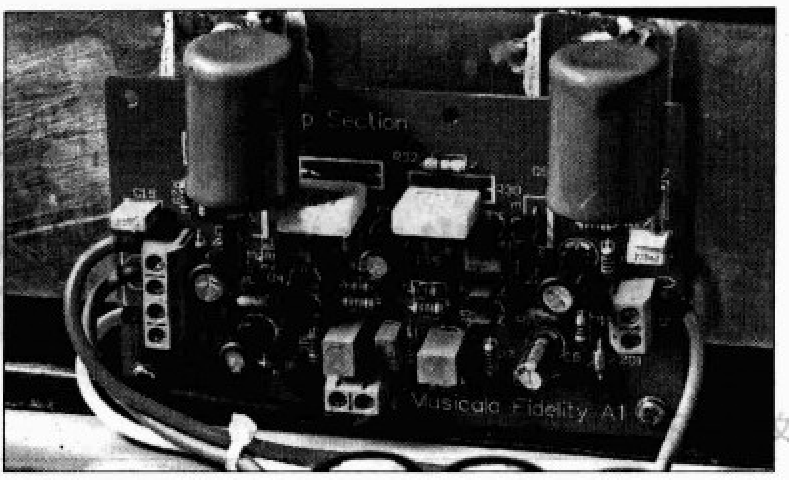


图 4

四、电路调试

1. 将变压器初级串联 1 只 20Ω/5W 电阻，开机测量中点电压一般在 0V 左右即可试音，正常出声后拆除串联电阻。

2. 如果 C10、C13、C14 选用普通电解电容，则开机后在线测量一下它们的管脚电压。如果电压反向，就把它取下调换脚位安装，否则电解电容长时间反向工作会带来隐患。

五、电源配置

本机的电源阵容如图 5 所示，2 只 100W 环形变压器分别为每一个声道供电。次级输出为 18V×2（2.5A），若输出功率能大些，则更好。每声道整流用 1 只 25A 桥堆，

图 5

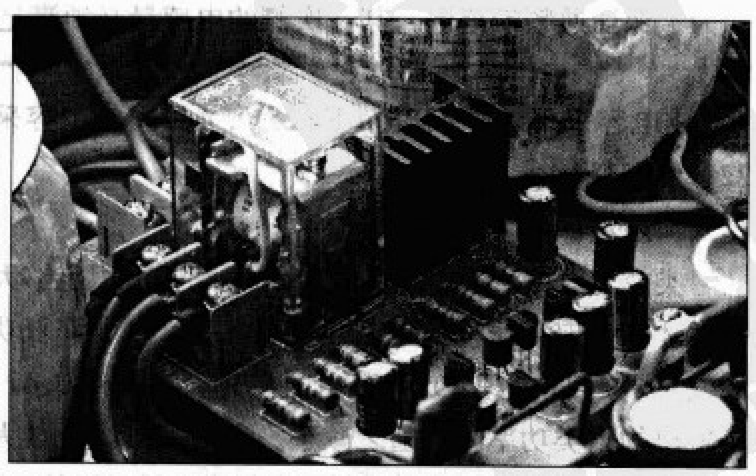


图 6

胆机制作专题(续)

浅谈音频输出变压器的设计与制作

文/安 石

电子管功率放大器的品质、音响效果与音频输出变压器——"牛"的性能有着非常密切的关系。高保真音频输出变压器的设计与绕制，比电源变压器复杂得多。因为电源变压器工作于单一的50Hz频率下，而音频输出变压器则工作于20Hz～20kHz的音频范围，而且音频输出变压器的初级是功放电子管屏极的输出负载，阻抗很高。因此在设计与绕制音频输出变压器时，既要考虑与功放管的输出阻抗匹配，又要考虑它的频率特性；既要考虑具有最大电感量，又要使漏感最小，分布电容最小。本篇就"牛"的设计与制作谈一点实践经验和DIY烧友们沟通，抛砖引玉而已。

一、音频输出变压器的简化估算

(一)推挽输出变压器的计算

现以高保真推挽输出变压器为例，如其输出功率设定为P=50W，变压器一次侧屏至屏的负载阻抗R_p=5000Ω，直流工作电流I=240mA；二次侧的负载阻抗分别为4Ω与8Ω。要求变压器频响在60Hz～16kHz范围内，变压器效率为0.8。

需要指出的是，音频变压器分为有直流磁化型和无直流磁化型两种。它们的计算方法略有不同。对推挽输出变压器来说，上下两组线圈的直流磁通正好抵消，所以属于无直流磁化型变压器。计算时不考虑直流磁化的影响。按照已知的参数，可作如下估算：

1．输出变压器一次侧的电感量的估算

为了保证通频带范围，其一次侧的电感量必须满足下限频率的要求。变压器一次侧的电感量L_p的计算公式为：$L_p=R_p/2\pi f_d\sqrt{M_d^2-1}$式中：$R_p$为一次侧负载阻抗；$f_d$为技术条件规定的下限频率；$M_d$为工作于下限频率时允许的失真系数，一般取1.3左右，但是在实验中我们发现，取M_d=1.25时，$L_p=R_p/4.71\cdot f_d$，取M_d=1.3时，$L_p=R_p/5.22\cdot f_d$，所以，在这个公式中通常取4.71与5.22的中间值4.83，则$L_p=R_p/4.83\cdot f_d$。

自制时可用以下简化公式估算：$L_p=R_p/4.83\cdot f_d$。将所给的数值代入公式，则$L_p=R_p/4.83\cdot f_d=5000/(4.83\times60)\approx$17H。

2．估算铁芯截面积

铁芯截面积通常可以在铁芯参数表中查得。计算时，可以根据以下的估算公式求出，对于电子管推挽输出变压器：$S_c=25\cdot P_o/\eta\cdot f_d$，式中：$P_o$为输出功率；$f_d$为下限工作频率，$\eta$为变压器的效率。根据上面给出的已知参数，该输出变压器所用铁芯的截面积约为：$S_c=25\cdot P_o/\eta\cdot f_d=25\times50/(0.8\times60)\approx26(mm)^2$。

需要说明的是，音频输出变压器的实际正规计算要考虑的因素很多，像铁芯的导磁系数、铁芯的磁通密度等都要计算在内。

3．初级绕组匝数的估算

对于无直流磁化型输出变压器，其初级线圈、次级线圈都可以按下式估算：

$$N=8.93\times10^3\cdot\sqrt{L\cdot l_c/\mu\cdot S_c}$$

式中：L为绕组电感量；l_c为铁芯磁路的长度，通常l_c

8只滤波电容采用的是4700μF/25V，4只固定电容采用0.22μF/63V。

六、注意事项

甲类放大器的发热量大，因此必须配置面积足够大的散热器才能稳定工作！如果散热器不够大就需要降低功率管的发热量，可以将R30、R31电阻换为0.33Ω或0.47Ω，但是输出的甲类功率也会随之减小。另外，对此A1放大器最好也加上一个扬声器保护电路，此电路是很通用的，在此就不再详述了。有条件为该机配置扬声器保护板也是很有必要的，该机安装的扬声器保护板具有延时接入、过零断开等功能，具体电路如图6所示。

仿制A1放大器不是很难，它的输出不失真功率大于10W×2，再加上其造价低廉以及功耗不算太大，作为家用也是非常合适的。有兴趣的爱好者不妨一试，该机的最大特点是音色宽松厚实，富有音乐味道，与一般高速功放的放音相比有很大不同，极具可听性和耐听性。

为铁芯中心舌宽的5.6倍(中心舌宽在铁芯参数表中可以查出，也可以直接量取)；S_c为铁芯截面积；μ为铁芯导磁率(普通热轧硅钢片为400～500，冷轧硅钢片为800～1200)。

取硅钢片导磁率$\mu=500$，如所用铁芯中心舌宽A=3.5cm，则磁路长度l_c约为19cm。代人公式，初级线圈的匝数为：$N_{初}=8930\times\sqrt{17\times19/500\times26}\approx1408$(匝)

4．次级各组线圈计算

次级线圈匝数可用下式求得：$N_{次}=N_{初}/\sqrt{R_P\cdot\eta/R_Z}$

次级有两个绕组，带有中间抽头。

0Ω～4Ω二次侧线圈的匝数为：

$N_{次}=1408/\sqrt{5000\times0.8/4}\approx45$(匝)

0Ω～8Ω二次侧线圈的匝数为:

$N_{次}=1408/\sqrt{5000\times0.8/8}\approx63$(匝)

次级线圈一共63匝，在45匝处抽头作为4Ω输出端。

5．导线直径的计算

从给出的技术条件可知两推挽功放管的直流工作电流I_o=240mA。一般输出变压器的一次侧电流均含有交流分量和直流分量，在计算导线直径时，应按照均方根平均电流值$I_{平均}$来计算。

$I_{平均}=\sqrt{P/R_P+(I_O/2)^2}=\sqrt{50/5000+(0.24/2)^2}\approx0.156$A

一次侧的导线直径应为：

$d_{初}=0.8\sqrt{I_{平均}}=0.8\sqrt{0.156}\approx0.31$mm

二次侧的导线直径应为：

$d_{次}=d_{初}/\sqrt{N_{次}/N_{初}}=0.31/\sqrt{63/1408}\approx1.47$mm

另外，输出变压器的漏感参数也应做得越小越好。漏感与功放管的等效内阻、负载阻抗、上限频率有关。

音频输出变压器的漏感测试比较复杂，一般业余不易检测。有条件的可在二次侧完全短路的情况下，通过电感电桥，测得一次侧的电感值，即为一次侧漏电感的近似值。

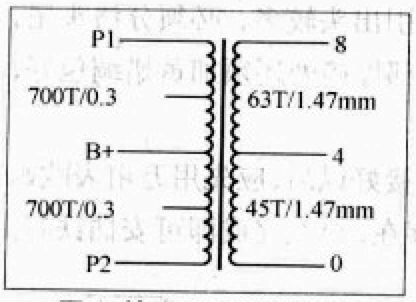


图1 输出变压器线路图

上例的输出变压器，漏感在0.08H左右。

图1所示的是用GEIB35型硅钢片选厚54mm的铁芯制作输出变压器的示意图。

(二)单端音频输出变压器的计算

现给出单端音频输出变压器的技术数据，其输出功率P=10W，一次侧负载阻抗R_P=4.5kΩ，直流工作电流I_o=50mA，二次侧阻抗R=8Ω，要求音频单端输出变压器在80Hz～14kHz范围内不均匀度小于－3dB，变压器效率η=75%。

由于单端音频输出变压器具有直流磁化作用，故变压器的功耗比推挽式变压器稍大，其参考数据亦有变化。

1．电感量的计算

根据已知条件，先要计算出单端输出变压器一次侧的电感量，用简化式估算的电感量为$L_p=R_p/6.28\cdot f_d=4500/6.28\times80\approx9$H。

2．测试直流磁化情况

单端输出变压器存在直流磁化问题。计算绕组匝数应考虑在内。当所测得的直流电流满足公式$I_{dc}\leqslant1/300\times\sqrt{L_p}$(A)时，匝数仍可按推挽变压器的匝数计算公式计算。单端输出变压器直流电流I_{dc}即等于

$I_{dc}\leqslant1/300\times\sqrt{9}=1.11$（mA）

如果I_{dc}较大就要用下列公式计算匝数：

$N=8.85\times L_p\cdot I_{dc}/S_c$

$+\sqrt{(L_p\cdot I_{dc}/S_c\times8.85)^2+2.65\times10^5\times L_p\cdot l_c/S_c}$(匝)

式中：l_c为铁芯磁路平均长度；S_c为铁芯截面积；L_p为初级线圈电感。

3．计算铁芯截面积

估算公式：$S_c=300\times L_p\cdot I_o^2$

式中：L_p为初级电感值；I_o为直流工作电流。

$S_c=300\times L_p\cdot I_o^2=300\times9\times0.05^2=6.75$（cm²）

根据所求得的铁芯截面积的值S_c=6.75cm²，应选择标准型号的铁芯，铁芯型号可从变压器参数表中查得。即GEIB-19的铁芯面积为19×35。

4．一次侧匝数的简化计算

因上述匝数计算较为复杂，故可以用下列简化式估算

$N_{初}=45\times(L_p\times I_o\times10^3)/S_c$

$=45\times(9\times50)/6.75=3000$(匝)

5．二次侧线圈匝数的计算

8Ω二次侧的匝数计算：

$N_{次}=N_{初}/\sqrt{R_p\cdot\eta/R_z}$

$=3000/\sqrt{4500\times0.75/8}\approx146$(匝)

4Ω二次侧的匝数计算：

$N_{次}=N_{初}/\sqrt{R_p\cdot\eta/R_z}$

$=3000/\sqrt{4500\times0.75/4}\approx103$(匝)

6．导线直径的计算

从给出的技术条件可知功放单管平均电流为I_o=50mA，单端输出变压器的效率η取75%，则一次侧的导线直径应为：$d_{初}=0.75\sqrt{I_O}=0.75\sqrt{0.05}\approx0.17$mm。

根据单端输出变压器一次侧的导线直径，再计算出二次侧导线的直径应为：

$d_{次}=d_{初}/\sqrt{N_{次}/N_{初}}=0.17/\sqrt{146/3000}\approx0.77$（mm）

7．计算铁芯空隙宽度

估算：$L_g=N\cdot I_o/1600=3000\times50\times10^{-3}/1600\approx0.09$(mm)，式中$L_g$为输出变压器铁芯磁路空隙总宽度。铁芯E形和I形

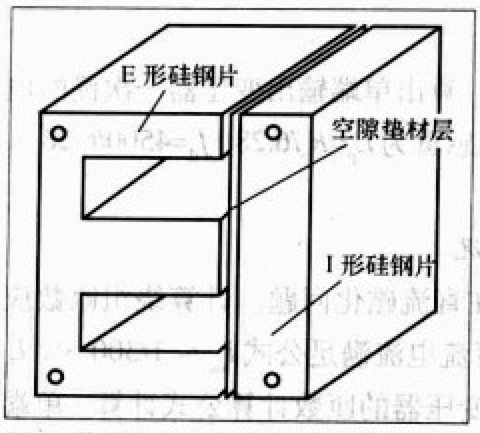


图2 单端输出变压器铁芯空隙垫材图

片的实际间隙应为 $L_g/2$=0.45mm。为了防止单端输出变压器的直流磁化，故输出铁芯应采用顺插的方式，并在E形片与I形片之间留有空隙。选择相同厚度的变压器纸垫于空隙处，然后将铁片压紧。图2所示是单端音频输出变压器铁芯空隙垫材图(注意：输出变压器的计算要考虑的参数很多，以上只是简单估算方法)。

二、音频输出变压器的绕制

(一) 绕制输出变压器的基本要求

高保真推挽输出变压器的绕制，比普通变压器的绕制复杂得多，为取得优良的技术指标，必须满足以下主要技术要求：

1.要求推挽功放电子管两组屏极负载线圈完全对称，并采用分层分段的绕法。实际绕制中，输出变压器的一次侧线圈要求以B+为中心端，将一次侧线圈分为P1与P2两组，每组各分成三段，上下相同，相邻放置，同方向绕制。将二次侧线圈分为二段，夹绕在一次侧中间。

2.为了满足音频输出变压器具有良好的、高音频段的频响特性，要求变压器所绕制线包的漏感和分布电容尽可能地小。为此，制作工艺必须采用特殊的加工措施，即将一次侧线包采用分层分段与交叉叠绕的方式，以减小变压器的漏感与分布电容。

图3所示的是推挽输出变压器排线图。图4所示的是单端输出变压器排线图。

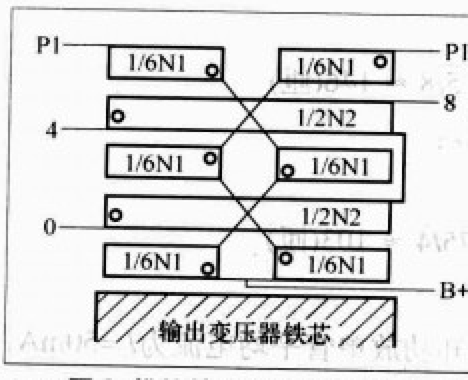


图3 推挽输出变压器排线图

3.为了满足音频输出变压器低音频段频响特性的要求，一次侧线圈的电感量必须符合所规定的技术要求。同时，在输出变压器的铁芯选择上也必须符合技术要求。应选用铁芯截面积足够大的优质硅钢片，如0.35mm/D310的优质冷轧硅钢片或者D42以上的高品质热轧硅钢片。

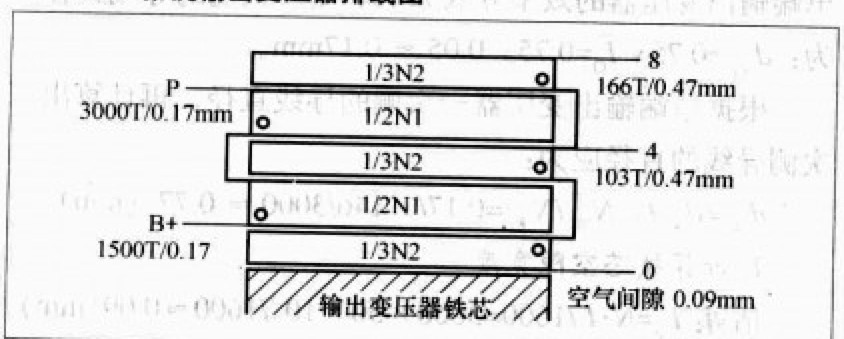


图4 单端输出变压器排线图

附表 为单端甲类功率放大管与输出变压器铁芯的参考数据

型号	输出功率 (W)	输出变压器的一次侧阻抗 (Ω)	铁芯截面积 (cm^2)	管脚型式	备注
KT88、6550	12	2000	10.9(26 × 42)	八脚	
EL34、6CA7	9	2500	9.3(26 × 36)	八脚	
6L6GC	6.6	2500	7.2(19 × 38)	八脚	
6P3P	8.8	4200	10.5(26 × 42)	八脚	
807、FU-7	10	3000	9.3(26 × 36)	五脚	专用管座
805、845、813	21	6500	26(40 × 64)	四脚	专用管座
EL84、6P14	5.4	5000	6(19 × 31)	小九脚	
6P15	4.5	5000	5.1(19 × 28)	小九脚	
6P1	4.5	5000	5.1(19 × 28)	小九脚	
6V6、6P6P	3.8	5000	5.1(19 × 28)	八脚	
300B	8.5	3500	19.2(40 × 48)	四脚	专用管座

(二) 绕制音频输出变压器的基本方法

1.自制输出变压器最好选购有现成骨架与铁芯相配的优质成品，否则将会影响到变压器的电性能。如确实选购不到合适尺寸的骨架时，亦可自己动手进行制作。制作变压器骨架的材料应选择绝缘性能良好的环氧层压板或厚度为1mm的青壳纸板。制作绕线骨架时，应先量好输出变压器铁芯的中心舌宽A、舌长B与叠厚C，然后再按照既定的尺寸进行裁制。图5所示的是输出变压器骨架制作示意图。

2.在绕制线包时，应制作一只与铁芯尺寸相同木芯，中心钻一只与绕线车相同直径的圆孔，并将制成的骨架套上试一试，尺寸以松紧适度为宜。

3.当二组线圈双线同时绕制时，须先将高强度漆包线分成两股，并做好定位准确的、能灵活移动的排线木夹，在绕制时只要轻轻来回移动木夹，则线圈即可自动排列整齐。如果绕线不够熟练，觉得两组线圈同时绕制不方便，亦可分边绕制，但每层圈数必须相同。

4.线包的层间绝缘应采用优质的绝缘电缆纸。

5.由于输出变压器线包的引出头较多，必须分清头尾，不能接错。在漆包线的头与尾部焊接处还须加黄蜡绸包好，以防止短路。

6.线包绕好与头尾全部焊接好以后，应先用万用表欧姆挡测量有无断路与短路现象存在，检查完成即可安插铁芯。

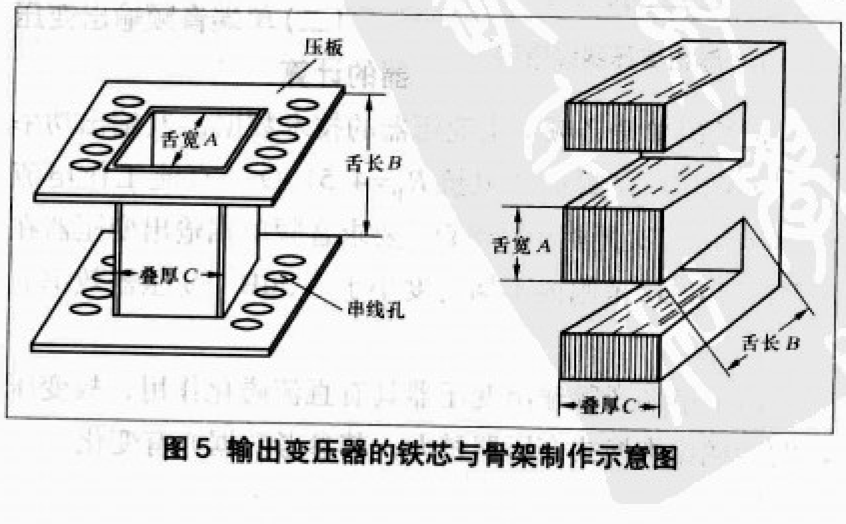


图5 输出变压器的铁芯与骨架制作示意图

对于推挽式输出变压器的铁芯，因无直流磁化现象，可采取两三片交叉安插方式，不留空隙。

7.输出变压器全部安装完毕后，必须先放置在100℃左右的干燥环境中烘1小时，然后乘热放人绝缘清漆中浸至无气泡溢出为止。取出后晾干，再烘24小时即可备用。

（三）音频输出变压器的简单检测技术

对制作好的音频输出变压器应进行简单的检测，符合基本要求后再装机使用。

1．测量一次侧中心抽头的B+处至P1与P2的直流电阻值应完全相等。

2．用两倍于供电电压的兆欧表进行检测，其变压器的一次侧与二次侧和线包与铁芯之间的绝缘电阻应大于250MΩ。

3．在有条件的情况下，可采用音频信号发生器注入音频信号，检测该音频输出变压器的输出幅频特性。

三、绕制输出变压器的体会

输出变压器的制作，这是一个永远都谈不完的话题。在绕牛的方法上“发烧友”们各有一点秘不示人的玄机，笔者认为有这样几个关键点需要认真对待一下：

1.输出变压器的电感与漏电感：理论上说电感越大越好，漏电感越小越好。增大电感无非是加大铁芯，增加绕线圈数，提高铁芯的导磁率。但大铁芯和圈数多又加大了分布电容，所以是一对矛盾。问题是我们在设计时，要正确考虑所需的电感量，例如2A3、300B等低内阻直热三极管的单端变压器，15H左右的初级电感量其低频响应就已经很好了，过分追求电感量实无多大意义。关于漏电感倒是要好好去思考，对于全频单元，如果要简化输出牛绕制工艺的话，可根据单元的自身电感设计对应高频响应所需的漏电感。但这样的做法往往漏电感较大。绕制方法虽简单，但此变压器的通用性不强。理想的还是漏电感越小越好，如果漏电感设计不当其与喇叭音圈电感相互作用，会造成高频过分犀利，削弱了低频的听感。对于一般情况（包括多单元音箱）如果输出变压器漏电感大的话，可用负反馈或次级接电阻校正，当然我们还是希望漏电感越小越好。小的漏电感必须要有精湛的设计和绕制工艺，它需要初、次级线圈截面对合良好，窗高要尽量利用，气隙不要过大。

2.输出变压器的分布电容：分布电容当然是越小越好了。绕变压器时主要考虑初级线圈自身分布电容的控制。因为初级线圈的圈数越多分布电容越大。我的主张是绕变压器要分层垫纸，一则好排线，二来减小分布电容。绕线要采取Z字型绕法，此绕法可将初级分布电容减少到S型绕法的1/3，可见其效果相当可观。另外绝缘纸的品质也很重要，如绝缘强度、厚度、光滑度等。

3.初次级绕组的布置：这就是通常所说的分层分段问题。一般情况下分段用M6型布置就很好了，所有绕组要求尽量等宽，同侧绕组要求绝对等宽，能用细线不用粗线，次级要尽量用多线绕制。从线材质量看细线在拉制时要求的铜材杂质要少，质量易被保证。选择线径时不能想当然，一定要反复计算和验证。

4.铁芯的选用：从高频的角度，铁芯片需要薄一点的好，一般不要大于0.35的片厚。从初始导磁率和低频失真的角度看，退火片要好一些。另外，冲好的硅钢片最好放置时间长一些再用，装片时不要挤压得太紧，紧固铁芯的螺杆也不要拧得太紧，这关系到低频失真的问题。螺杆与铁芯之间要绝缘以减小损耗。退火片的毛刺要少得多，对减小高频损耗有利。

5.输出变压器的动态：这个问题是输出变压器的核心问题！一个输出变压器在理想的频响下到底有多大的输出功率？反过来说在最大不失真功率时频率响应如何？一个设计者在初始设计时能把这个问题搞清楚，我想可能就是一个“合格”的设计者。在说好这个问题之前，我们要先明确一个常见的问题。即我们通常在测试一个输出变压器的初级电感时，有人测的数值大，有人测的数值却要小。那到底谁的正确呢？是不是电感表有问题？其实，输出变压器的电感是随着你加上的励磁功率而变化着的，通常电感表所测量的数值几乎是矽钢片在初始导磁率时初级的电感量。此时的电感量只能满足最小音乐信号时的低频失真要求。而随着音乐信号动态的增大，对电感量的需求也会增大。

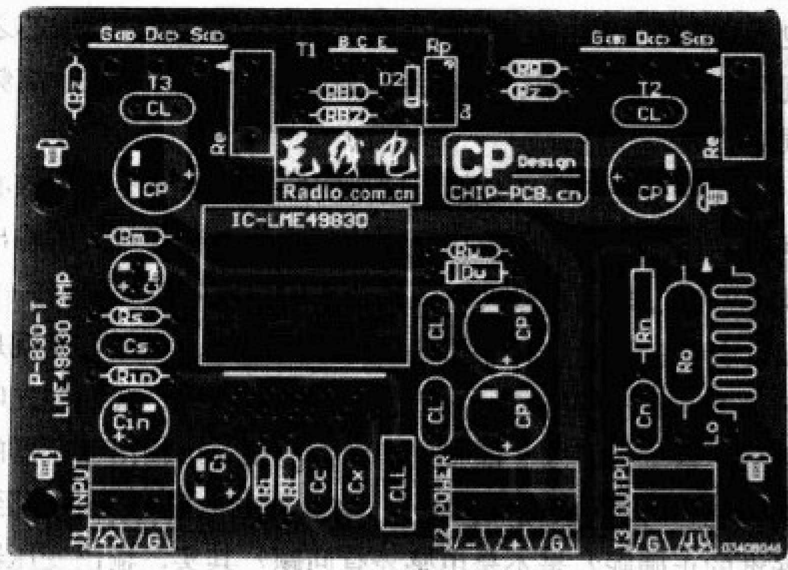
6.做好变压器的关键技术就是细节：细节是好变压器和垃圾变压器的关键。每层的排布、每层纸的厚度和每一个抽头位置的确定都会出来不同的结果。

7.采用“多线并绕法”：就是预先要计算好变压器需要有几组抽头，各抽头需要多大的电流，然后选择好漆包线的规格及数量。将几十条漆包线同时平行绞在一起成为一大股，然后再将这一大股漆包线紧密缠绕在铁芯上。这样做的好处是使在相同的截面积中可以容纳较多的线圈，而线圈与线圈之间的空隙相对减少，让线圈能够更紧密地贴近铁芯，以减少空间的浪费。每一组线圈（不论初级或次级）都能够获得平均的电磁感应量，因此不会有因内、外圈感应量不同而造成的误差。例如，McIntosh的输出变压器线圈混绞和并联，使它的线圈直流阻抗很低。有一款输出变压器从B＋到KT88阳极的直流电阻，仅有195Ω，一般的输出变压器可达近百欧姆。

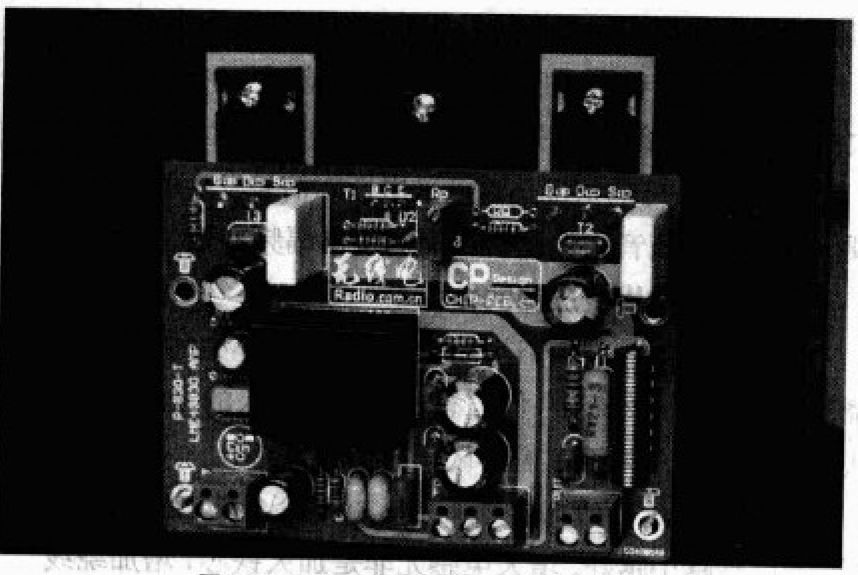
综上所述，一个达到高保真技术要求的输出变压器，是以精确的计算与验证为前提，以熟练而细致的绕制技术为基础，以具有最大电感量、最小漏感和最小分布电容为准则，以最宽的幅频特性为原则。

国半高性能音频IC的应用

文 / 杨宇洸



LME49830 开发板



用 LME49830 开发板制作好的放大器

编者按：

美国国家半导体最新推出的LME系列音频芯片无论从性能、指标还是音效上都达到一个新的高度。但凡只看他们的技术手册就已经让众多工程师和爱好者为之向往。为此，编者请CPdesign的工程师为大家介绍一套经典的LME系列音频芯片应用实例。同时，特别准备了50套LME49830的开发板赠送给大家，对其感兴趣的读者，可以通过电子邮件(E-mail：zhangyan@radio.com.cn)的方式来申请，来信主题请注明“LME49830开发板申请”，并请在信件中回答以下一些问题，并注明姓名、邮编、地址、单位、联系电话和应用设想，申请截止日期为2008年6月30日，我们会在《无线电》网站(www.radio.com.cn)上公布获赠名单。在此特别感谢美国国家半导体和CPdesign (www.chip-pcb.cn)对此次活动的支持。

2008年初美国国家半导体公司（以下简称国半）又推出了几款LME系列的高性能音频IC，这其中包括品种丰富的专业音频运算放大器（简称OP）、高功率驱动放大器和专业级缓冲器，这些新产品为音频电路设计师和喜爱音响DIY的朋友们提供了丰富的设计资源。下面首先介绍运算放大器LME49710和缓冲器LME49600在前置放大器中的应用，然后再介绍驱动放大器 LME49830的应用。

一、LME49710HA+ LME 49600TS 应用

“前级出声（音质），后级出力（功率）。”这句话比较形象地讲出了功放前级的重要性及前级与后级的关系。功放前级的主要作用是将音源信号放大到额定电平，功放后级提供电流输出驱动耳机或扬声器。运算放大器的噪声、失真、转换速率和带宽等关键参数直接影响着重放声音的品质。

LME49710HA是单通道运算放大器。它的噪声水平可以从图1中看到，在音频范围到100kHz内有着较低的噪声特性。这对音乐中细微泛音等低电平信号的表现是非常重要的。现代半导体工艺和优异的内部设计使低失真成为可能。数字音频提供的频响范围能超过人耳的听觉范围，这可丰富人们对音乐的听觉感受。

由于运算放大器输出电流比较小，在负载电流较大的情况下，输出动态范围会变窄，失真会加大。解决办法是增设缓冲器。缓冲器通常应用于线路驱动、耳机放大器的输出驱动和稳压电源。LME49600TS是一只单通道专业级音频缓冲器，它可以提供250mA的大电流。其内部设计有完善的过热、短路保护电路。应用在前置和耳放中可提高输出电

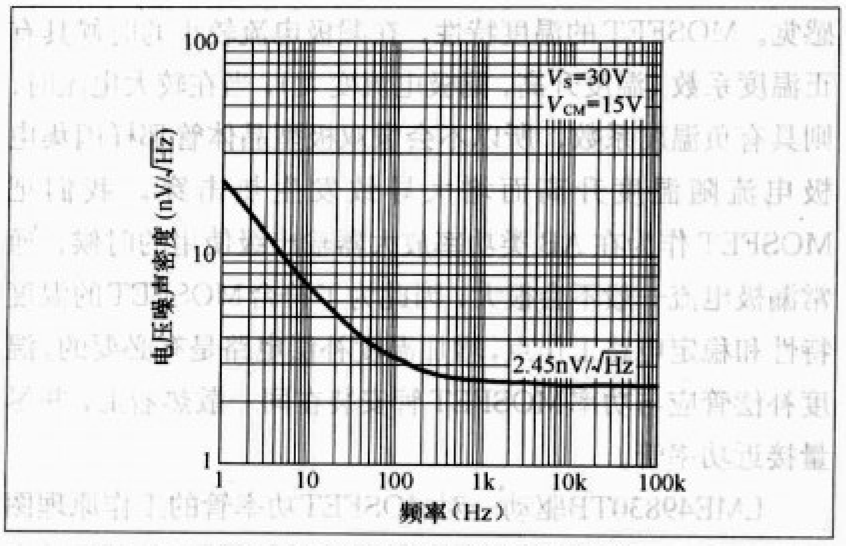


图1 LME 49710HA噪声频率特性

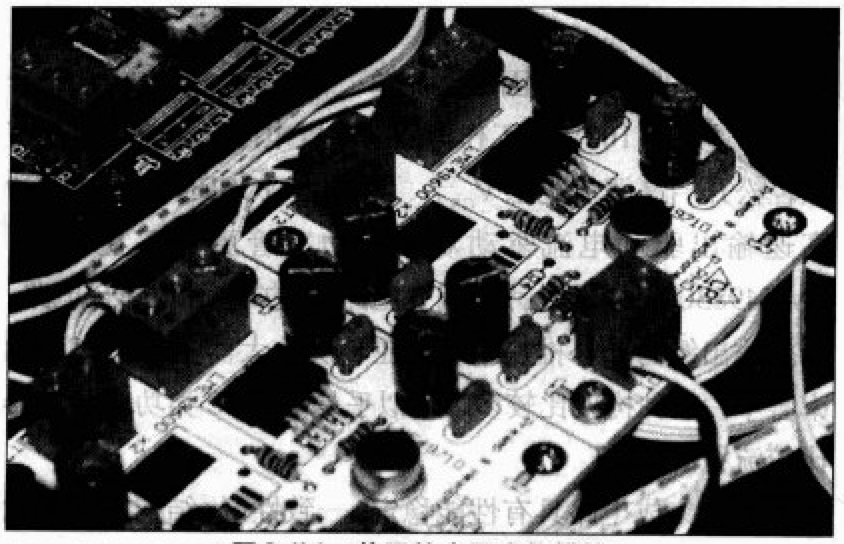


图2（b） 前置放大器实物模块

流，改善负载驱动能力。

图2（a）所示以LME49710HA和LME49600TS为核心设计的音频前置放大器的电路原理图，图2（b）所示的是其实物模块，当然它也可以作为耳机放大器使用。信号放大级的运算放大器选择金属封装的LME49710HA，缓冲器选择的是TO−263贴片封装的LME49600TS。整个电路电压增益约为9dB，串联电阻R5（100 Ω）用于抑制运放电路可能产生高频寄生振荡，整个电路简单实用。

图3所示的是前置放大器PCB板图，PCB板布局设计主要考虑了信号的走向，电源与输出在PCB板的一端，信号输入在PCB板的另一端。旁路电容是为了消除振荡与噪声的影响，它的引脚应尽量靠近IC的电源脚，引线要短。PCB板中设计了两个LME49600TS并联使用，考虑电路散热等问题，实际安装中只焊接了一只。LME49600TS工作时温度较高，设计电路板时应适当增加与贴片面接触的铜层面积，或者在它表面加装一只小散热器，以改善散热条件。如果使用双路电源，即每个声道单独使用一组电源，系统的分离度将更上一个台阶。放大器就是一个电源调制器，所以电源质量的重要性对于放大器的性能表现非常重要。本前置放大器使用一组LM317/337标准稳压电源。

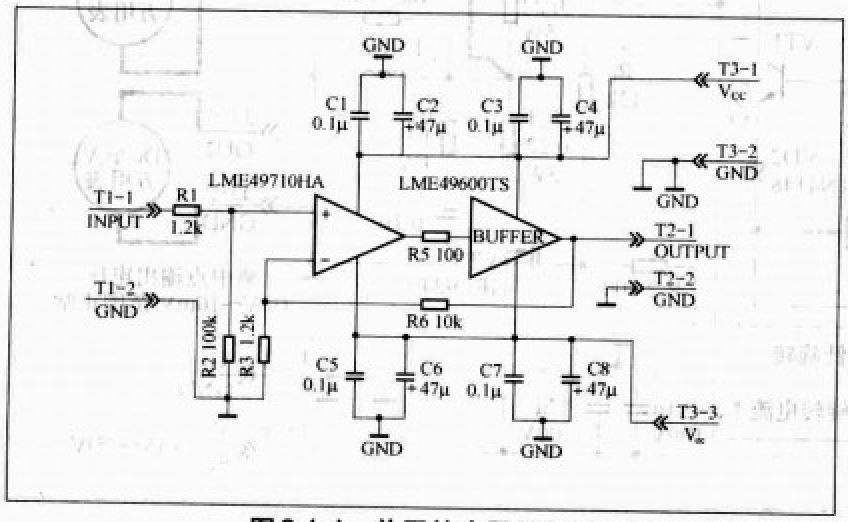


图2（a） 前置放大器原理图

二、LME49830TB+MOSFET应用

国半早期功放IC产品中的LM3886，至今仍比较流行，在多媒体音箱中还可以见到它的身影，它是DIY Audio入门时选择比较多的一款功放IC。LM3886内部输出级为准互补形式，即上下两臂都用相同的NPN类型三极管，这是因为当时半导体工艺技术的限制所致。由于LM3886工作电压较低、输出电流能力较小、准互补电路不平衡等原因，它常难以满足Hi−Fi系统的要求。前些年也出现过将输出级从功放IC内部独立出来做音频驱动的设计，但从今天的技术发展来看，那时的IC性能是不足的，工作电压也不够高。

国半采用新工艺技术制造了LME49830TB是一款专为驱动MOSFET管而设计的高功率高性能音频驱动IC。它采用互补双极型管工艺技术，垂直集成的NPN及PNP晶体管可以提高输出电压的峰峰值摆幅，特别适用于高电压音响系

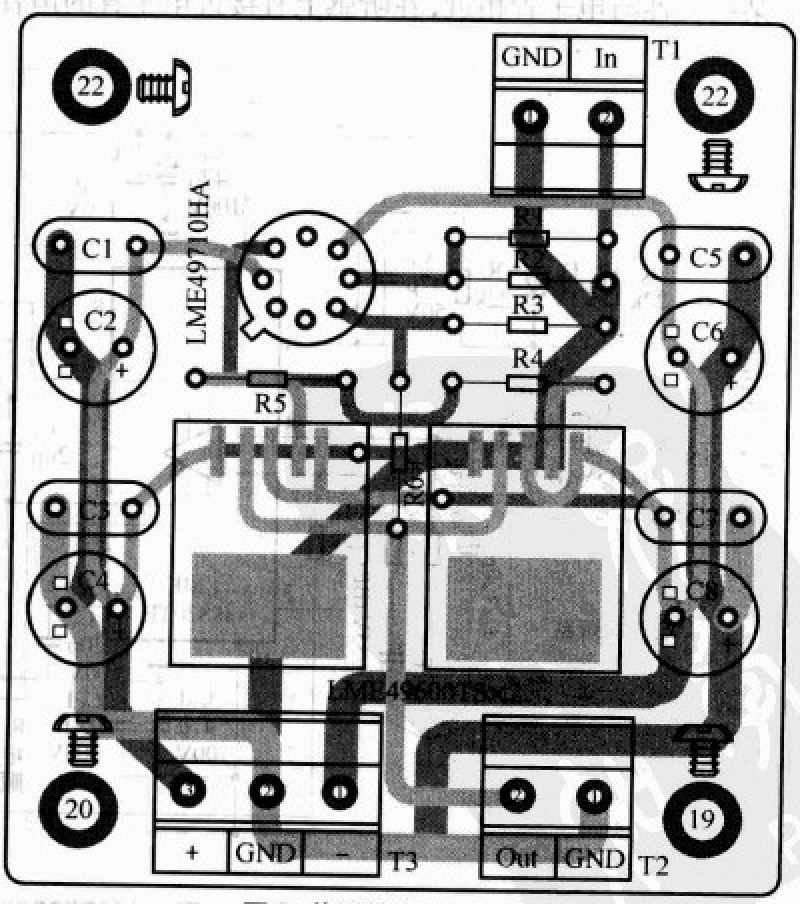


图3 前置放大器PCB图

统。

LME49830TB 外围电路简单，体积小，输出功率设计灵活。具有 ± 100V 的工作电压，偏置电压最高到 16V，可以轻松开启高阈值电压 $V_{GS\,(th)}$ 类型的 MOSFET，56mA 的高速输出驱动电流驱动双极型功率管更是不在话下。LME49830TB 内部设计了偏置电路、保护电路和静音电路，外接输出级为互补推挽结构。在 D 类放大器中驱动 IC+ 功率管中，这种构架比较多，这似乎是近期 IC 类功率放大器比较流行的思路。

虽然集成电路具有性能稳定、一致性好，结构紧凑等优点，但独立封装的晶体管却具有与 IC 内部集成功率管不能相比的优异电气性能和散热条件。目前音频功率对管品种多样，其声音表现各有千秋，有的对管音色温暖而通透，有的全频域表现平衡而出色，双极管的声音表现又与 MOS 管的略有不同。驱动 IC+ 外接功率管的架构形式充分发挥了各自的优势，使功放的整体性能得到提升，配置更灵活，音色自主选择空间更大，可以说是相得益彰。

当音频驱动 IC 确定后，声音表现也就定格了。关键是选取适合的输出级晶体管来满足我们的设计需求，可以根据音乐的类型和对声音的取向来选择。有些看似简单的搭配其实也是一件有创造性的工作，例如音响器材的搭配，其中就有很多学问，包括电学、声学、乐理及理论与实践经验等。

MOSFET 在功率放大器中得到广泛使用。它具有高频响应好、转换速率高、放大线性好以及不存在二次击穿等优点。某些特性与电子管相近，在听感上有接近电子管的声音感觉。MOSFET 的温度特性，在漏极电流较小的时候具有正温度系数（温度升高，漏极电流变大），当在较大电流时，则具有负温度系数，所以不会像双极型晶体管那样因集电极电流随温度升高而增大导致发生热击穿。我们把 MOSFET 作为在 AB 类功率放大器输出级使用的时候，通常漏极电流一般不会很大，因此为了符合 MOSFET 的温度特性和稳定电路工作点，增加温度补偿电路是有必要的。温度补偿管应与功率 MOSFET 管安装在同一散热器上，并尽量接近功率管。

LME49830TB 驱动一对 MOSFET 功率管的工作原理图如图 4 所示。在这里选用的是性价比较好的 HEXFET 功率管 IRF240/9240，典型的负反馈电路形式。$Av=1+R_f/R_i\approx$ 29dB。在 LME49830TB 的数据表中提到增益小于 26dB 时会不稳定。要让 LME49830TB 处于“Play”状态，在 2 脚（静音脚）需要一个合适的工作电流，大约是 1mA，大于 2mA 将会损坏它。根据 LME49830TB 数据表里的电流计算公式 $I=(V_{MUTE}-V_{BE})/(1k\,\Omega+R_m)$(mA)，得出静音电阻 R_m=33k Ω。输入电容 C_{in} 对音质是有影响的，在高性能音频放大时应去掉这个电容。在考虑隔直流作用时，选用优质电容，本电路选用无极性电解电容。电容 C_i 也与音质有关系，可选取体积小的无极性电解电容。图 4 中 C_c 的值与 LME49830TB 的转换速率有关，也就是对实际听感有影响，C_c 的取值小时，速度快，但声音偏冷。C_c 取值大时，低音提升，中高频变软，声音较柔和，应选用温度系数小的云母电容。设计时可以根据重放音乐类型和喜好的听感来调整数值。

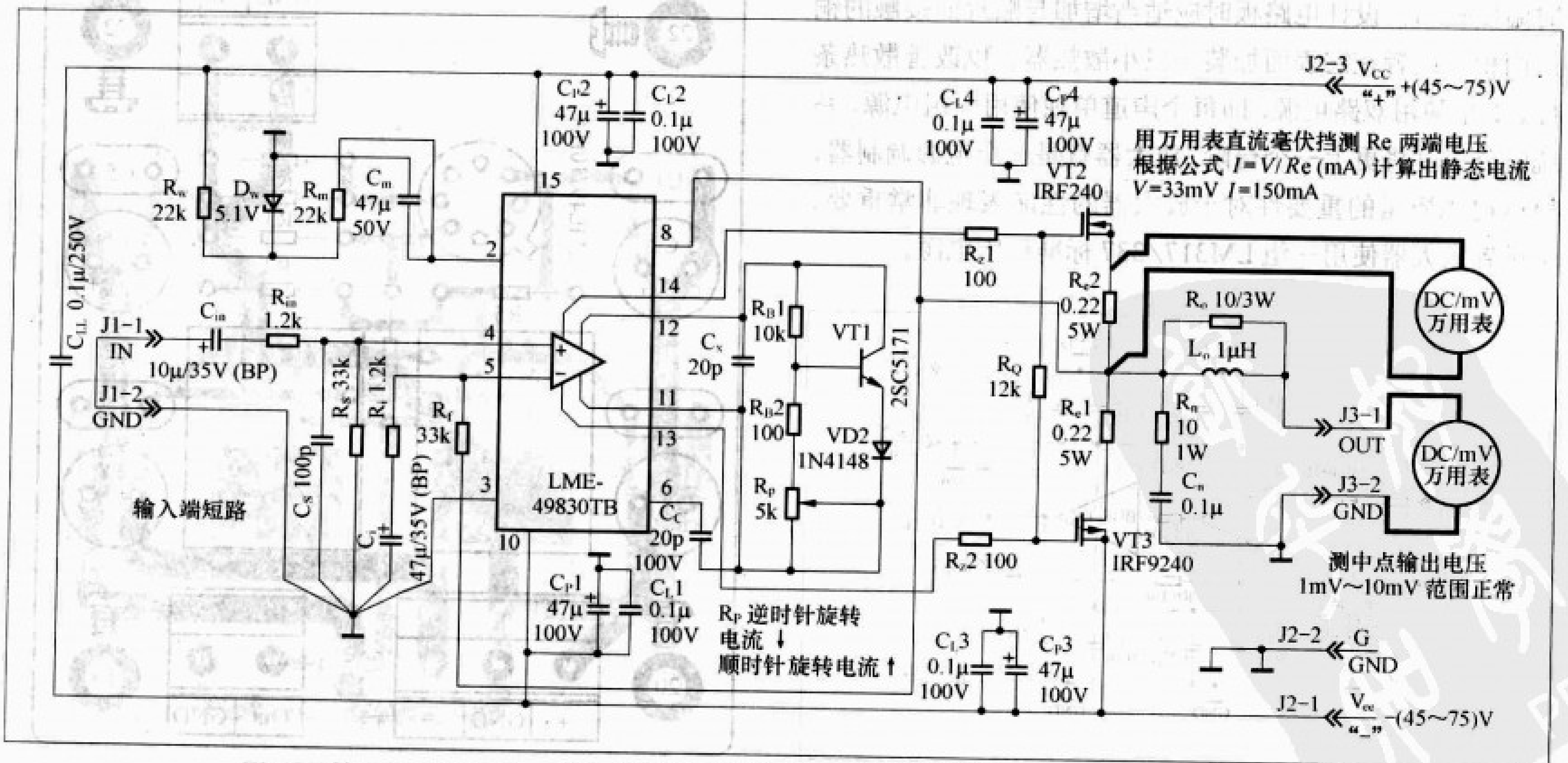


图 4 LME49830BT+IR240/9240 原理图

在温度补偿三极管VT1的发射极增加一个二极管（1N4148）是为了进一步增强温度补偿能力，稳定静态电流。如采用PCB板与散热器热沉面平行的安装形式时，将其安装在PCB板的反面，正好与散热器面对，可有更好的补偿效果。图4中的电阻R_Q（12kΩ）并接在功率管的G极，起到平衡功率管参数作用，在大功率工作下减小THD失真。补偿管VT1可以考虑用低频中功率管，带安装孔，全塑封的，可以直接安装在散热器上，两个输出级功率管安装在散热器上一定要加绝缘片。

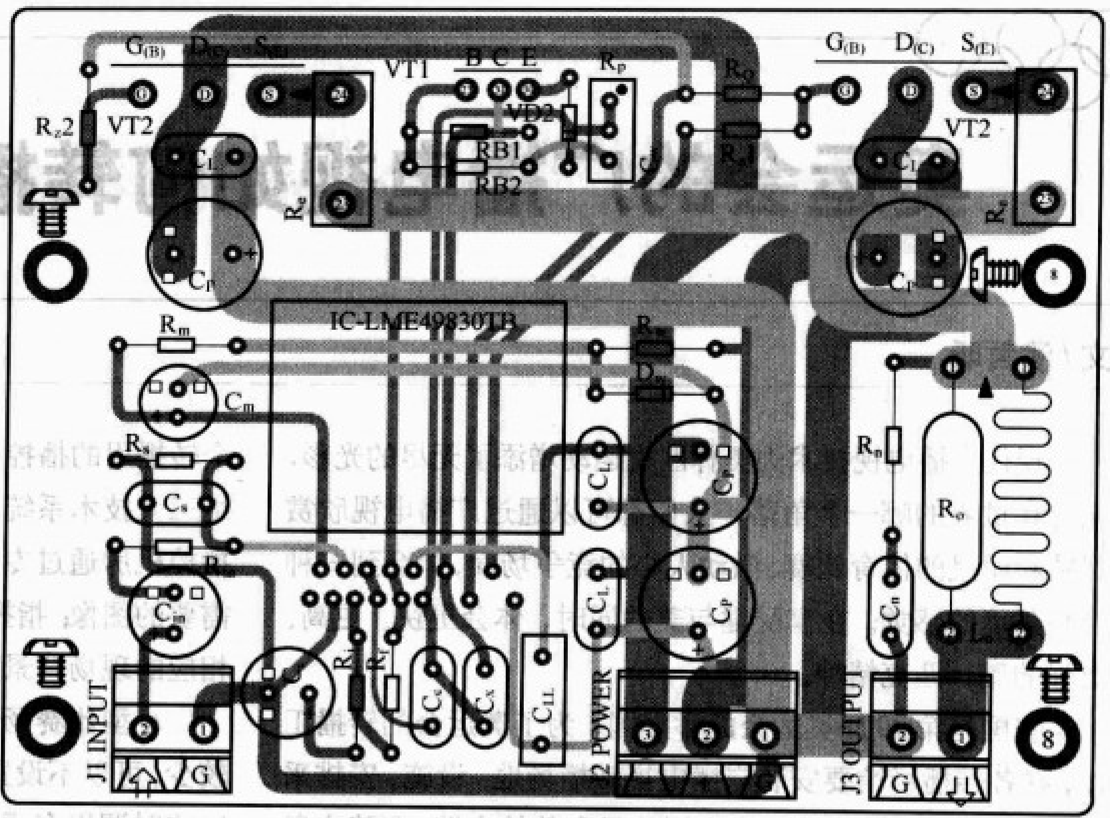


图5 LME49830BT+IR240/9240的PCB板图

原理图中电容耐压值的选取要注意，LME49830TB的最高工作电压在±100V。在本例中设计推荐工作电压在直流±(45～75)V。电源部分电容和C_c至少要有100V耐压，电容C_{LL}要250V耐压，以保证工作安全。

图5所示的是PCB板图，模拟电路的PCB布线首先要注意一点接地和星形布线。小信号地与电源地要分开。输入端地、C_s、R_s、反馈电容C_i地和LME49830TB的第3脚地属于小信号地，这些地在板图中汇集在C_i的负极处，再与电源地连接。星形布线要求LME49830TB的电源线路与输出级的电源线要分别从电源接线处引出，以免大电流对小电流影响。再有就是几何对称的布局和布线也同样非常重要，这对降低总谐波失真率帮助非常大，例如在双声道板子上。总之，遵循这些基本原则并灵活使用，将会取得好的效果。合理的PCB板设计比昂贵的补品器件所起的作用在性能上更重要。

调试时可以参照原来图中的调试步骤。先保证焊接无误，上电调试时将输入端短路，测R_e电阻电压（直流／毫伏挡），根据公式$I=U/R_e$（mA）计算出静态电流，U为万用表读数。在第一次调试时，将静态电流调到150mA，待温度达到平衡后（半小时左右）再次测静态电流，静态电流要调整多次。多圈可调电阻R_p可安照PCB中的标记焊接，逆时针方向旋转则静态电流减小，反之顺时针方向旋转则静态电流增大。

输出功率与电源电压和负载阻抗有关。最大输出功率P_O与最大输出电压U_o的对应关系公式为$U_o=\sqrt{(P_O \times R_L)}$ (V)，式中R_L为负载阻抗，得出的U_o值为有效值。最大输出电压的峰－峰值 $=U_o \times \sqrt{2} \times 2$，正负电源的电压则等于峰－峰值$U_{oP-P}$的一半，就是$U_o \times \sqrt{2}$再加上4V～5V的富裕量。原理上，此电路在±45V下，8Ω负载可输出100W功率。更多的功率管并联可以增大输出电流以驱动低阻抗负载，减小单个管子的损耗。并联时注意各管的V_{GS}要一致，以保证每个管子都流过相等的电流。最后需要说明的是，两对以上功率管并联时，建议增加一级驱动电路以驱动MOSFET的输入电容并减小失真。Ⓦ

请参与申请样板的读者填写以下信息：

我是《无线电》杂志的忠实读者，我要申请样板。

姓名：________ 性别：________ 年龄：________

工作单位：____________________

通信地址：____________________

邮政编码：____________ 联系电话：____________

1．你打算设计制作的产品的性能指标是什么？

2．你选择音频放大器驱动电路的主要参数要求是什么？

3．你制作一台高保真音频功放需要多长时间？6个月、1年，还是更长时间？

4．你最近设计制作了哪些电子产品？请简述一下。

5．你的制作是出于自己的兴趣爱好还是用于商业用途？

奥运会的广播电视如何转播与接收（上）

文 / 潘哲昕

现代广播电视技术为奥林匹克运动增添了无尽的光彩，无论在世界的哪一个角落，人们都可以通过广播电视欣赏到精彩纷呈的体育比赛、激动人心的竞争场面，体会到一种身临其境的感觉。在享受健与美的同时，体会更快、更高、更强的奥林匹克精神。

我国是第29届奥运会的举办国，为了奥运会的转播工作，在各转播场馆要安装广播电视转播场地、设施，安排采访工作区域，提供公用广播电视信号和传输电路，要建立奥运专用的国际广播中心（IBC），组织、协调和落实各广播电视媒体的转播工作。

本文将概括地介绍奥运会的广播电视转播方式、设施和信号的传送，并简单阐述我国从城市到边疆的广播电视节目播出、传送、接收的方式和特点。

一、比赛场馆的转播设施和节目信号

1.转播设施和国际信号

比赛场馆是奥运转播的主要场所，必须提供完善的转播设施，主要包括：摄像、拾音、专用通信电路和转播播控机房（转播车）。

（1）摄像：要提供比赛实况电视转播的全景图像、各项赛事不同角度的近景描述、运动员的特写和观众不同态势的反响。为此，在赛场要设置多个转播摄像机位：有反映整体情况的全景机位；有反映重点环节的机位，例如竞赛的起跑点、终点；还要有重点项目的机位，例如跳高、跳远以及投掷项目等；有些项目还需要设置特殊的摄像机位，如自上而下的顶视全景机位，随着短跑运动员快速移动的滑轨摄像等。本次奥运转播赛场全播设置高清晰度电视摄像机，将高清晰度电视信号传回播控机房。

（2）拾音：要提供与赛事相关的声音，如裁判员的发令声、枪声，还要反映赛场热烈氛围的背景声，如观众的加油声、欢呼声等衬托实况转播的电视画面，实时地转播给电视机前的观众。为此，在各个相关部位都要设置背景声音的拾音器（话筒）。

（3）转播播控机房（转播车）：为了从诸多摄像点的图像信号中选择最能反映赛场情况的视频图像播出，并有序地指挥各摄像点、拾音点的工作，在大型比赛场馆要设置一个转播用的播控机房，播控机房要设置视频、音频和通信联络三大技术系统。转播导演根据情况预先拟制转播程序，在播控机房通过专用通信电路指挥各摄像点的摄像师，选取需要的图像；指挥各拾音点的工作人员调整话筒位置，选取相应的现场背景声音。

小型比赛场馆，比赛项目比较单一，摄像机位和拾音点较少，可以不设置专用的转播播控机房，需要现场转播时可以临时调用多通道的转播车，代替转播播控机房使用。

（4）专用通信电路：转播播控机房到各摄像机位、拾音话筒要分别设置专用的视频图像和音频话音传输电路，实时地将信号传回转播播控机房；播控机房的导演、工作人员与各位摄像师、拾音话筒操作人员要有专用的通信电路，保持实时的工作联系。

（5）国际信号：转播播控机房的技术人员，将转播导演所选定的摄像视频图像信号和相应的拾音话筒传回来的声音信号进行合成，组织成一套现场实况转播信号，提供给各国家或媒体使用。由于各个国家语种不同，该信号只包括比赛现场的视频图像和背景声音，称之为国际声转播信号，简称国际信号。

2.摄像评论席、解说评论席和选手采访区

各转播媒体在转播赛场比赛实况时，要加入本国语言的现场评论信号，为此，各大比赛场馆要设置多个解说评论席，提供实况配音转播设施，供各语种解说评论租用。解说评论席应具有开阔的视野，能看到比赛场地的各个赛事环节；要有一定的隔声设施，可以有一定的背景声，但是要保证评论员的声音绝不能被干扰；主办单位要为各解说评论席提供本赛场的电视转播国际信号；要提供解说评论席到该媒体设在IBC制播机房的专线信号传输电路和通信设施。

为在转播过程中插入转播国家观众所关心的电视图像，在比赛现场还要设置摄像评论席供各转播媒体租用。由于国际信号是供各国共用的，不可能涵括各个国家运动员在比赛场地中的特殊表现和特写镜头。为此，一些大的转播媒体就要在摄像评论席设置自己的转播摄像设施，以满足本国收视观众的需求。同时，摄像评论席所录制的视频图像也作为新闻报道和专题节目的素材，提供给节目编辑部门。主

办单位要为摄像评论席提供本赛场的电视转播国际信号；提供各摄像评论席到该媒体设在IBC制播机房的专线信号传输电路和通信设施。

为满足媒体记者有序的现场采访，赛场设置选手采访区，采访区要提供采访场地和相关的设施，并安排在运动员出入口附近。通常采访应在采访区进行，有特殊要求的，应事前申请并得到有关部门的批准，然后记者按照批准的时间、地点进行采访。采访区应设置公用的各个赛场电视转播国际信号。

3.实况转播的信号模式和传输

（1）模拟信号和数字信号

人耳通常听到的声音，是一个声音强度（幅度）和所含各频率成分随时间连续变化的声音信号；人眼通常所看到的活动图像，是一个亮度和所含各色彩成分随着时间连续变化的图像信号。这种随时间连续变化的信号称之为模拟信号。

模拟信号是声音或活动图像的真实反映，是最符合实际的信号，摄像机和拾音器（话筒）所采集的图像和声音就是模拟信号。但是，模拟的图像和声音信号在传输过程中，会串入各种各样的杂波干扰；对信号的放大处理，会导致信号的失真；在节目制作过程中，对模拟信号的每一次复制都会引入一定程度的杂波。这些干扰将直接叠加到信号幅度上，造成声音或图像的失真将导致图像和声音的畸变。因此，从20世纪末开始，广播电视节目的摄录、编辑、播出和传送，逐步由模拟信号过渡到数字信号。

数字信号是用数字表示声音和图像的变化，为了数字传输的方便，这里将10进制的数变换成2进制的数，即只有“0”和“1”，逢2进1。如：0001表示“1”；0010表示“2”；0011表示“3”。由于只有“0”和“1”，即使传输、复制中受到杂波干扰，仍能判断原来发送的信息是“0”还是“1”，只要数字能够恢复，信息就能还原出同样质量的图像和声音。数字技术不仅具有抗干扰、复制损失小等优点，而且可以完全融入计算机管理，在传输、存储等各个方面与现代信息技术相融合。

模拟信号数字化要经过3个步骤：取样、量化和编码。取样是按一定的时间间隔抽取模拟信号的样值，取样定理指出：当取样脉冲频率大于或等于信号频谱中最高频率的两倍时，在接收端即可恢复该模拟信号；量化是指将各取样量值用一定精度的2进制数据表示的过程；编码是将该模拟信号各取样点的量化值，编纂成以“0”“1”二进制脉冲表示的电码信号，每个放置“0”或“1”的位置称为1比特，每秒钟的比特数称为比特率。为了保证信号传输的可靠性，在编码过程中会采取一定的纠正误码的措施。

北京奥运会的广播电视信号将全部采用数字信号，摄录、制播、传输设备全部采用数字设备。

（2）常规数字声音信号、电视信号SDTV和HDTV节目信号

高质量的声音广播信号的频率范围通常在30Hz～20kHz，取样频率取48kHz，量化取16bit。信号码率则为768bit/s。立体声分左、右两个声道，由两组数字信号组成，总码率为2×768bit/s，这样大码率的传输和存储都会占用大量的空间。为此，利用人耳的听觉特点和码流中的无用因素，对声音码率进行压缩，并针对不同的用途，选用不同的压缩比，采用不同的码率播出。例如：演播室每声道声音码率192kbit/s，CD唱片和数字声音广播（DAB）为96kbit/s等。

众所周知，世界各国的模拟电视共分三大技术体制，其帧频和行频各不相同，为统一技术体制，数字电视统一选取16：9的宽高比，27 MHz采样频率和10 bit量化。这样，一路常规电视（SDTV）信号的原始比特率为270Mbit/s。经过压缩，数字有线电视和数字卫星直播的信号码率为5 Mbit/s～8Mbit/s，DVD信号码率为3Mbit/s，VCD信号码率为1.5Mbit/s，移动多媒体电视信号码率为800kbit/s以下。

标准清晰度数字电视（SDTV）电视带有4个音频通路，两路传送立体声伴音信号。在现场实况转播时，采用约定的通道传送现场国际声和解说评论声。

奥运会要求现场提供高清晰度电视（HDTV）转播信号，为此，奥运转播要同时提供标准清晰度和高清晰度两种信号。高清晰度数字电视要求画面的水平点数和垂直行数比标准清晰度数字电视都要高一倍，这样，HDTV的数字信号码率是SDTV的4倍，即1080Mbit/s，通常卫星、有线、无线播出时压缩到19.6Mbit/s，最低也要在12Mbit/s～13Mbit/s。HDTV采用5.1声道环绕声伴音，即包括左声道、右声道、左环绕、右环绕、中置音和重低音，前五项的放音音箱截止频率应高于15kHz，重低音音箱的频率范围为30Hz～150Hz。

（3）比赛现场转播及新闻素材的传输流程

综上所述，比赛场地的广播电视转播信号有：由主办单位提供的国际信号，由转播媒体设置的解说评论信号和摄像评论信号以及记者现场的随机采访信号。这些信号分别经过主办单位提供的信号传输电路传往各媒体设在IBC国际广播中心的编播机房，经简单的信号合成后，经主办单位提供的国际传输电路，传回转播国家的电台、电视台，并实时地转播播出。IBC提供的国际信号分为两套，一套是直接合成的高清晰度电视国际信号；另一套是经过高清/标清转换，转换成的标准清晰度电视国际信号，分别供给不同需

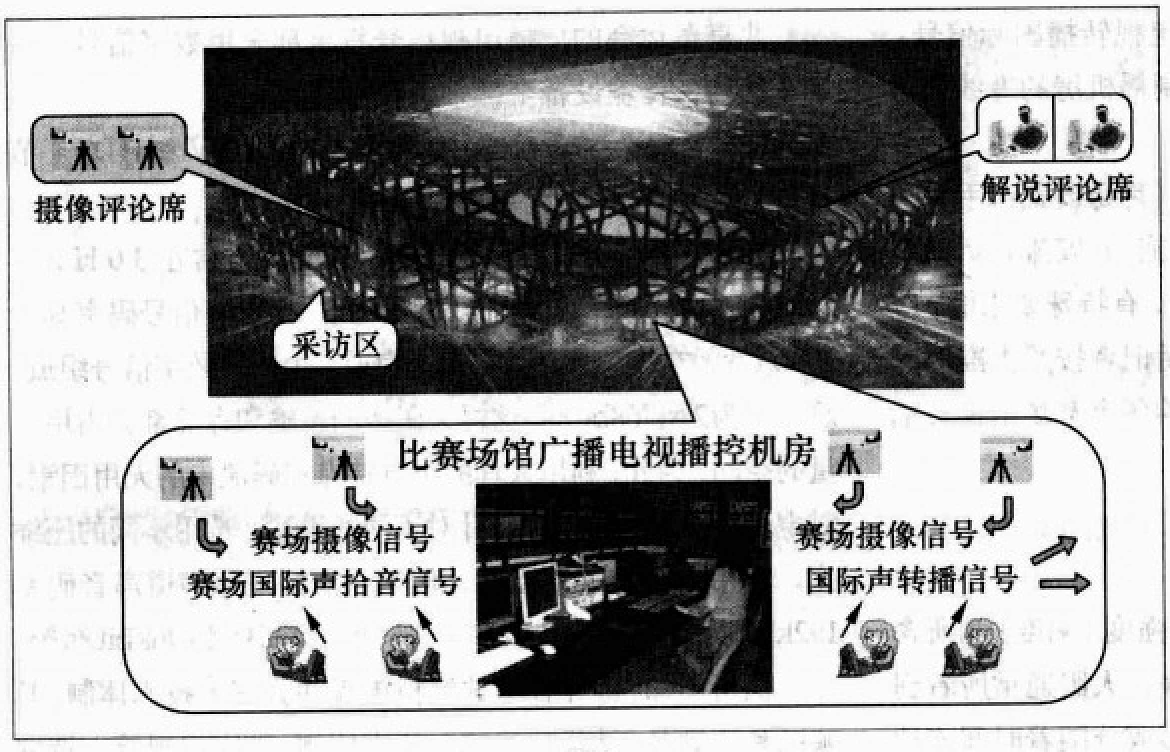


图1

求的媒体转播使用。

奥运会主要赛场广播电视转播设施示意图如图1所示。比赛场馆各摄像机的视频图像信号和各拾音点话筒的声音信号全部传回场馆的播控机房，经过画面选择切换并加入相应的背景声，形成本赛场的国际（声）信号，传送给IBC国际广播中心。同时，各解说评论席、摄像评论席的声音和图像信号，也由专用电路传送给IBC国际广播中心。在赛场采访区，主办方将提供多条公用传输电路，以便于记者在第一时间内将新闻素材传送给设在IBC的制播机房。

二、IBC国际广播中心——奥运会的新闻中心和转播服务中心

1.办理世界各媒体奥运转播的管理机构

IBC是一个转播媒体的服务管理机构，根据媒体的需求解决与转播有关的问题。包括：安排转播场地；提供信号传输电路、设施；提供国际信号；安排和组织相关景点、设施的采访转播事宜；签订相关文件等。

2.IBC的广播电视转播设施

（1）供媒体转播租用的IBC编播机房

IBC内设有多个广播电视编播机房，由于机房数量有限，也为了节约资金，一般同语种媒体联合租用，组成奥运转播的临时机房。机房主要配置有：实况转播、节目回传播出控制系统；对编机和编辑合成系统；宽带和多媒体节目合成设备；摄像机、录像机、新闻摄像采访设备和配音间；用于实况转播的信号直播、新闻素材的回传和专题节目的前期制作。通常由转播媒体自带设备，也可以向主办单位租用。

（2）IBC信号传输机房

IBC信号传输机房是由IBC设置和管理的，是负责信号传输和线路调度管理的机构。主要功能有三个：

一是提供全部国际信号。奥运会有几十个比赛赛场，分设在不同地点，有些设在千里之外。每个赛场都会有一套或几套现场转播国际信号，他们通过卫星、光缆、微波等不同方式传回IBC信号传输机房，由传输机房将他们集成起来，形成全套奥运会现场转播的国际信号，提供给各转播媒体的IBC编播机房和各大比赛赛场。

二是为各转播媒体提供赛场至IBC编播机房的信号传输通路，用于传输比赛现场的解说评论信号、摄像评论信号、记者采访信号和通信联络信号。如前所述，奥运赛场实况转播的电视图像和背景声音信号，是使用主办单位提供的国际信号，为了加入本国语言的解说评论和适应本国转播需要的现场视频图像，需要在比赛现场设置解说评论员和摄像评论员，并将信号实时地传回IBC编播机房，与相应的国际信号复接后播出。为此，IBC传输机房要提供相应的传输电路。

三是安排各媒体向本国的信号回传；安排相应的通信和信息传输电路。主办单位根据各媒体提出的转播时间、传输容量和接收地点，提出信号传输电路方案，签订电路使用协议，双方同时进行相关的各项准备和电路的试运行。

（3）奥运期间的场外采访

现代奥运也是举办国与世界各国人民在各个领域广泛的交流，与会记者的视野会扩展到全社会，甚至在某些地方设置分转播室。IBC要在信号传输及有关事宜给与可能的安排和协助。

IBC国际广播中心电视转播系统示意图如图2所示。各比赛场馆的国际声信号、评论信号、以及现场采访信号统一送到IBC传输机房，传输机房根据各媒体的申请，将所需要信号传送给相应媒体的编播机房。同时，IBC传输机房根据各媒体的申请，安排各媒体向国内传输的固定传输电路和临时传输电路。

3.奥运会广播电视信号的全球传输

（1）卫星传输系统

卫星传输系统是由卫星地球站、卫星转发器和地面收设备组成，其突出的优点如下：① 传输距离远，覆盖大。一颗定点通信卫星可以覆盖地球表面的42.4%，只需置3颗互成120°角的定点卫星，其信号即可覆盖全球，

图2

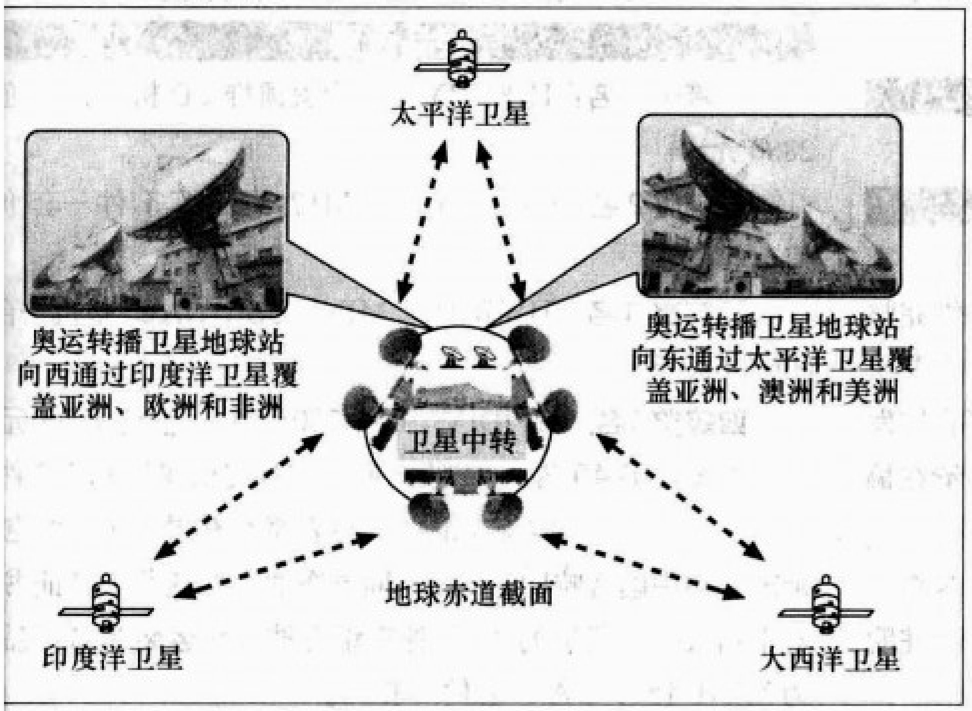


图3

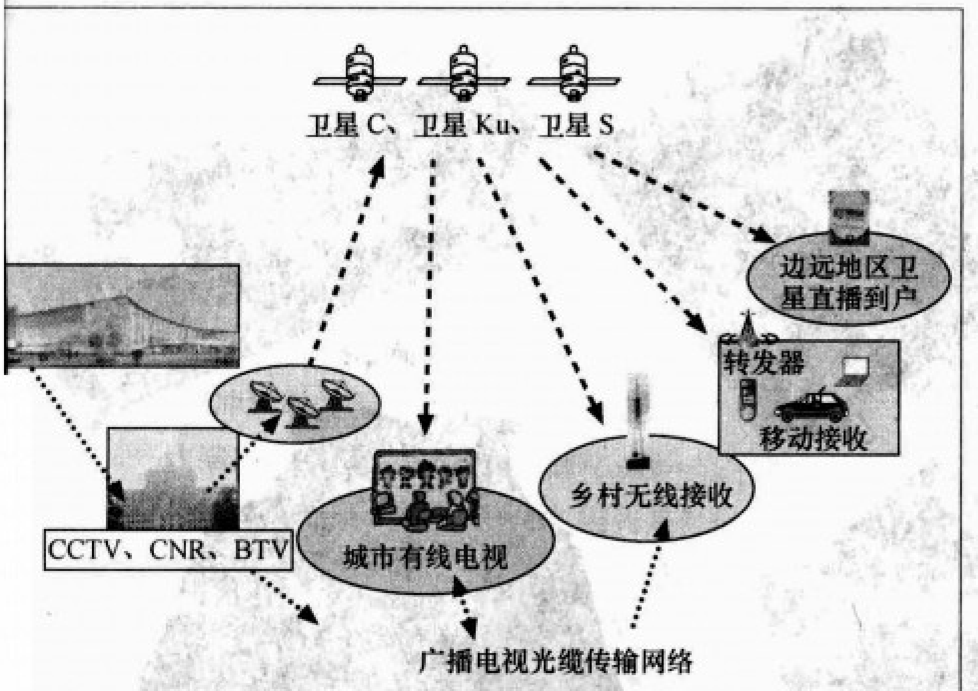


图4

不受地理条件限制；②卫星传输只需一次转接，噪声影响小，通信容量大，传输质量高；③卫星传输设备简单，便于临时设点、多点传输。

奥运会广播电视信号的传输，要求质量高、容量大，涉及全球各个国家和地区，因此，采用以卫星电路传输为主，光缆传输为辅。为避免传输中的信号衰落，卫星公司还要设置备用传输通路。

奥运会主要赛场卫星全球转播示意图如图3所示。各大媒体的奥运转播信号，从IBC传输机房通过地面卫星上行站，向东发射到太平洋卫星，传送到亚洲中东部地区、澳洲和美洲的广大地区；向西发射到印度洋卫星，传送到亚洲西部地区、非洲和欧洲的广大地区；个别覆盖不到的地区，将所需要的转播信号通过国际卫星组织的地面转发设备，转发至大西洋卫星。各转播媒体通过地面接收站或接收设备，从相应的传输卫星上，收取奥运转播信号。

(2) 光缆传输电路

光缆传输系统是由光缆和光传输设备组成的，最大的特点是传输容量大、信号质量高。一条光缆内含几十至几百芯光纤，每一芯光纤可以传送几个Gbit/s到几千Gbit/s数字信号；传输中采取的多项技术措施，可以保证较低的误码率，保证信号的高质量；同时，目前通信事业的发展，已经建成了全球性的光缆通信网络，可以连接到世界各大城市。因此，租用光缆传输电路也是可行的。

光缆敷设困难，维护工作量大，造成了其成本较高，目前多用于奥运转播中的通信和信息传输。

(3) 国际互联网传输电路

国际互联网网上在线广播，已成为各大广播媒体播出广播电视节目的重要形式，各大媒体都会在IBC制播机房制作网络奥运转播节目播出。因此，IBC传输机房还要提供相应的网站设备和传输通路。

互联网还可以作为各媒体奥运转播的通信和信息传输工具，建立与本国广播电视台的固定联络通道。奥运举办国应为各IBC编播机房提供足够带宽的国际互联网连接电路。

激发热情　提高水平

无线电 Radio.com.cn　中国音响DIY www.HiFidiy.net

联合举办第七届音响制作比赛

比赛内容

选用CD机、功放、音箱、DAC解码器等各类有利于大家DIY的创新作品，要求给出具体的设计思路，提出选材观点（避免物料主义，要合理选材），努力做到理论联系实际，图文并茂地介绍作品特色。如果有条件请附上客观指标测试条件和测试结果，且较公正地总结主观感受（结合具体视听条件更好）。

比赛时间

2008年6月1日～2008年12月31日

参赛办法

凡是自行设计制作的各类音响器材都可参赛。

投寄给《无线电》杂志的作品要求参赛人员要提供完整的设计电路和PCB板图，制作过程要叙述清楚。稿件要求是电子文稿，文中的插图要求300dpi以上。稿件可直接发到《无线电》杂志社邮箱（radio@radio.com.cn），请在稿件上注明“音响制作比赛稿件”。

投寄给中国音响DIY网的作品要求参赛人员直接将参赛作品可发到中国音响DIY网(www.hifidiy.net)，请注明“参赛”。

评奖办法

《无线电》杂志社和中国音响DIY网站将组成评审小组，对所有参赛的作品进行评选，读者可上网进行投票，也可以根据2009年第1期杂志给出的作品编号进行投票。

评审小组对本次大赛评选规则和大赛细节具有最终解释权， 创新、奉献、公平、公正是本次大赛的核心！

奖品设置

一等奖1名：HIFIDIY　高阶版顶推CD机一台(价值2880元)

二等奖2名：HIFIDIY　PCM1798 DAC套件一套(价值1000元)

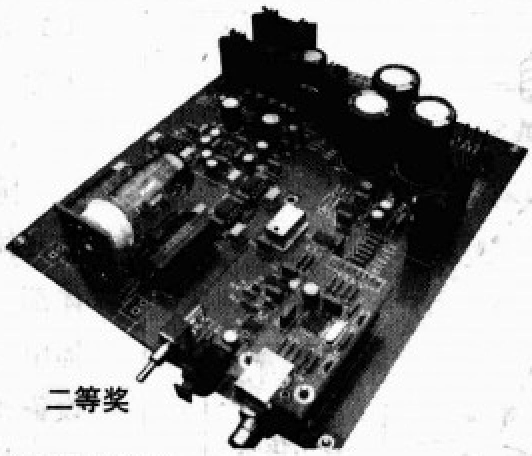
三等奖3名：HIFIDIY　MINI USB DAC 整机一台(价值680元)

四等奖5名：HIFIDIY　LM4780套件一套(价值200元)

五等奖品40名：《无线电》杂志社提供摄影马甲1件

一、二、三、四等奖品的获得者将会获得由《无线电》杂志社和中国音响DIY网站共同颁布的大赛获奖荣誉证书，对于通过杂志投票的读者，评审组将抽取幸运奖20名：奖品为MINI 1543 DAC 套件一套。

一等奖



二等奖

三等奖

四等奖

五等奖

国半新型音频芯片应用专集

国半音频放大器新秀——LME49713和LME49600

文/吴红奎

2008年的第一季度，NSC（National Semiconductor，美国国家半导体）推出了多个针对专业级音频放大器应用的集成电路器件，包括多个型号的专门针对音频放大设计的运放以及线路驱动、末级推动器件，冷眼热闹非凡的D类放大器市场，专注于模拟音频放大器，NSC可谓是独树一帜。

一、电流反馈型运算放大器LME49713

LME49713是一款电流反馈型运算放大器，采用8引脚的窄体扁平SOIC封装，引脚定义如图1所示，主要的技术指标如表1所示。它专门针对高性能、高保真音频应用进行了优化，具有低失真、低噪音、高转换速率特性，信号放大性能优良，能够轻松的满足大多数苛刻的专业级音频应用。LME49713的直流性能同样优秀，有比较高的PSRR、CMRR指标和相对比较低的V_{OS}指标，使音频工程师不必再刻意在速度、带宽和负载驱动能力之间进行折衷设计，从繁琐的性能平衡设计中解脱出来。

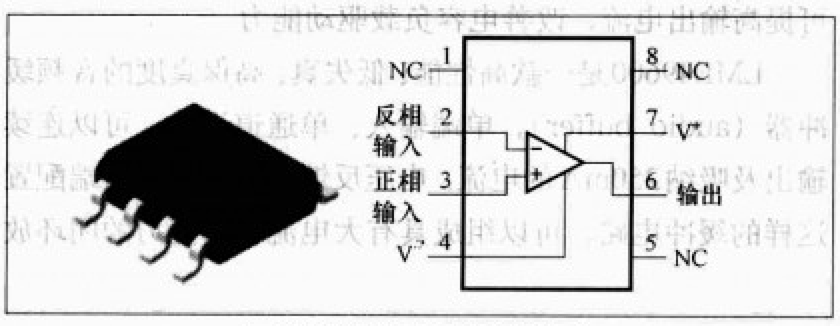


图1 LME49713的引脚定义

表1 LME49713的主要技术参数（V_S=±15V，R_L=2kΩ，f=1kHz，T_A=25°C，有特别说明者除外）

项目	参数典型值	备注
V_S（工作电压）	±5V～±18V	
I_S（Total Quiescent Current，总静态电流）	8mA	I_{OUT}=0mA
THD+N（总谐波失真＋噪声）	0.0008%	R_L=600Ω V_{OUT}=1.4V_{RMS}
e_n（Equivalent Input Noise Density，输入噪声电压密度）	1.9nV/√Hz	f=1kHz
S_R（Slew Rate，电压转换速率）	±1900V/μs	V_O=20V_{P-P}，A_V=−1
I_{OUT}（Output Current，电流输出能力）	±100mA	R_L=150Ω，V_S=±18V
CMRR（Common Mode Rejection Ratio 共模抑制比）	88dB	−10V＜Vcm＜10V
PSRR（Power Supply Rejection Ratio，电源电压抑制比）	102dB	V_S=±5V～±15V
V_{OS}（Input Offset Voltage，输入失调电压）	0.05mV	
BW（Bandwidth，带宽）	132MHz	A_V=−1，R_F=1.2kΩ
Vcm（共模输入电压）	±13.5	V_S=±15V
FPBW（Full Power Bandwidth，全功率带宽）	30MHz	V_{OUT}=20V_{P-P}，A_V=−1
t_s（Settling time，建立时间）	50ns	A_V=−1，0.1%误差
i_n（Current Noise Density，电流噪声密度）	16pA/√Hz	f=1kHz
V_{OUTMAX}（Maximum Output Voltage Swing，最大输出电压摆幅）	±12.1V	R_L=150Ω，V_S=±15V
I_B（Input Bias Current，输入偏置电流）	1.8μA	V_{CM}=0V
I_{OS}（Input Offset Current，输入失调电流）	1.3μA	V_{CM}=0V
Z_{IN} Non-inverting-input Input Impedance（正相输入阻抗）	1.2MΩ	−10V＜Vcm＜10V
Z_{IN} inverting-input Input Impedance（反相输入阻抗）	58Ω	−10V＜Vcm＜10V
Z_T（Transimpedance，互导阻抗）	4.2MΩ	V_{OUT}=±10V，R_L=200Ω
I_{OUT-CC}（Instantaneous Short Circuit Current，瞬时短路电流）	±140mA	
R_{OUT}（Output Resistance，输出阻抗）	10Ω	f=5MHz，开环
Temperature Range（工作环境温度范围）	−40℃～85℃	

LME49713还集成了输出短路保护功能，即使输出端对地长期短路也不致于引起IC损坏。

LME49713是电流反馈型运放，与常见的电压反馈型相比，主要的特点是其高速、低噪音特性，可以用于各种专业级别的音频放大，如前置放大器、电唱头放大器、图示均衡器、有源滤波器、线路驱动器等等，具体来说，其主要的特点有如下几个。

1.稳定的闭环带宽特性

电压反馈型运放的开环增益和闭环增益差别很大，闭环增益相对要小得多，通常把闭环条件下的带宽称为“small-signal bandwidth（小信号带宽）”，开环条件下的带宽称为“large-signal bandwidth（大信号带宽）”。同时，电压反馈型运放的带宽也随着增益的增大而降低。电流反馈型运放则基本不受增益带宽积的限制，其增益主要由反馈电阻决定，开环与闭环的增益差别微乎其微，选择不同的反馈电阻就可以灵活的调整其闭环增益，图2显示的是LME49713在不同增益条件下的带宽特性。

由于电流反馈型运放在很宽的增益范围内其带宽基本不变，其交流环路的动态特性大部分由反馈电阻决定，电

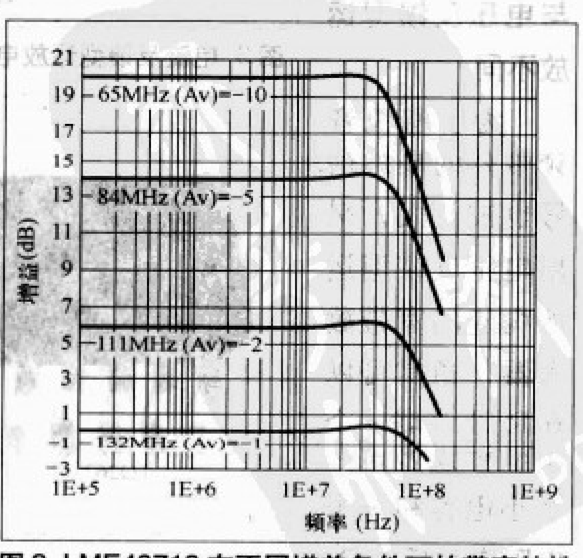


图2 LME49713在不同增益条件下的带宽特性

压转换速率也基本不变，因此可以获得与小信号带宽非常接近的大信号带宽，因此可以获得高频大信号条件下的低失真特性。当然，电流反馈型运放也不是无限的快，其电压转换速率虽然不受内部偏置电流的限制，但受晶体管本身的速度限制。

2.低噪声特性

电压反馈型运放的正相/反相输入端都是高阻特性，而电流反馈型运放的正相输入端具有高阻抗特性，反相输入具有低阻抗特性。从输出端看，电流反馈型运放的输出是电压信号，并且它与流出/流入运放反相输入端的电流有关，这种特性一般称为互导阻抗。对直流特性而言，互导阻抗是一个非常大的数，它随着频率的增加具有单极点滚降特性。

由于反相输入端的低阻抗特性，电流反馈型运放的输入电压噪声比电压反馈型运放低得多，一般小于2nV/Hz。虽然反相输入端的电流噪声要高于电压反馈型运放，但是由于输入电流的噪声所产生的输出电压噪声不会明显增加，运放的输入电压噪声是主要的噪声源，因此，电流反馈型运放的噪声更低，比较适合低噪声应用。

3.作为缓冲器使用时仍然需要反馈电阻

作为缓冲器使用时，对电压反馈型运放而言，可以将输出端和反相输入端直接短路连接，电路显得非常简洁，而对于电流型反馈型运放，一般仍然需要反馈电阻。由此引申的一个需要注意的问题是，在需要调节增益的时候，虽然既可以调整R_F也可以调整R_G，但是如果R_F太小，电路就容易振荡，所以对于电流型反馈型运放，很多时候需要调节R_G来达到增益调节的目的。实际电路设计时，R_F一般要参考具体器件技术文档所推荐的数值，在此基础上进行微调，LME49713推荐的R_F典型值是1.2kΩ。

4.带宽限制与电压反馈型运放不同

为了避免音频带外的噪声信号也被放大，采用电压反馈型运放构建的宽带放大器，通常可以在R_F上并联一个小电容或者用一个小电容和一个电阻串联后与R_F并联，将放大器的带宽上限限制在100kHz或者50kHz以下。如果采用的是电流反馈型运放，这种方法是严格禁止的，要想限制带宽，可以在信号输入端串入RC滤波器，如图3所示的R1和C1。

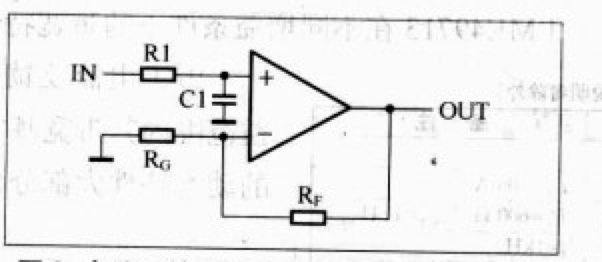


图3 电流反馈型运放电路的带宽限制方法

5.对电路布局的要求更为严格

与电压反馈型运放不同是，电流反馈型运放因为其高速特性，对噪声也同样敏感，在电路布局上，电源旁路电容的选择和位置相当重要，低ESR的电容是必须的，一般而言，一个10μF的钽电容和一个0.1μF的陶瓷电容并联起来置于每个电源引脚尽可能近的位置是比较保险的设计，10μF钽电容的等效电感大但是容量也大，主要用作电源退耦，而0.1μF陶瓷电容的等效电感小因此谐振频率就比较高，对高频干扰信号有良好的旁路作用。

图4所示的是电流反馈型运放的两种典型的应用电路，电路形式与电压反馈型是基本一致的，图中也显示了增益的计算方法。与电压反馈型稍微有点不同的是，反馈电阻的数值一般相对比较小，通常的取值在数百欧姆至几千欧姆之间，典型的应用取在1kΩ左右。

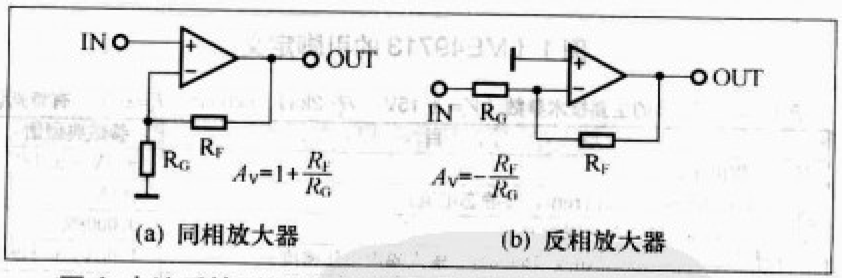


图4 电流反馈型运放（包括LME49713）的典型应用电路

二、LME49600

LME49600芯片是一款高性能、低失真、高保真度的音频耳机缓冲器。运算放大器反馈环路只要加设这款芯片，便可提高输出电流，改善电容负载驱动能力。

LME49600是一款高性能、低失真、高保真度的音频缓冲器（audio buffer），单端输入、单通道设计，可以连续输出及吸纳250mA的电流。电压反馈型运放的输出端配置这样的缓冲电路，可以组成具有大电流输出能力的闭环放

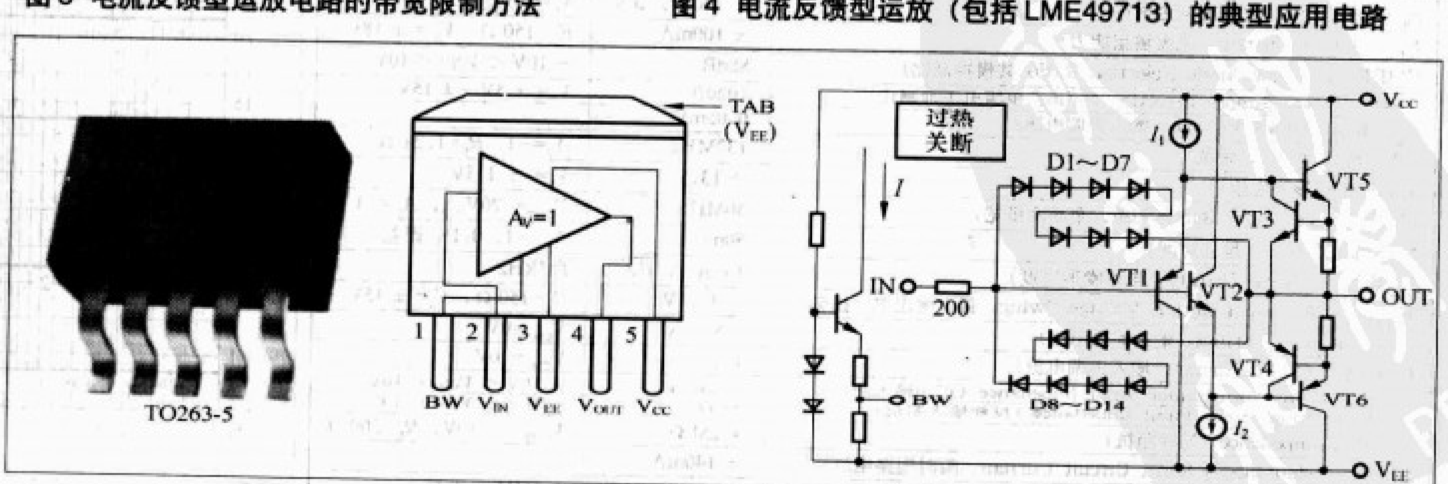


图5 LME49600的引脚定义和内部等效电路图

表2 LME49600的主要技术参数（f=1kHz，有特别说明者除外）

项目		典型值
V_S（工作电压范围）		±2.25V～±18V
THD+N（V_{CC}=±15V）	R_L=32Ω	0.00003%（V_{OUT}=3V_{RMS}）
	R_L=600Ω	不详
S_R（转换速率）		2000V/μs
I_O（输出驱动电流）		±250mA（相当于500mA）
BW(带宽)		110MHz（R_L=1kΩ）
I_Q（总静态电流，V_{CC}=±15V）		≤10.5mA（1脚悬空）
A_V（电压增益）		0.95V/V（R_L=100Ω）
Z_{IN}（输入阻抗）		7.5MΩ（1脚悬空，R_L=100Ω）
V_{OS}(输入失调电压)		±17mV
工作温度范围		-40℃～+85℃

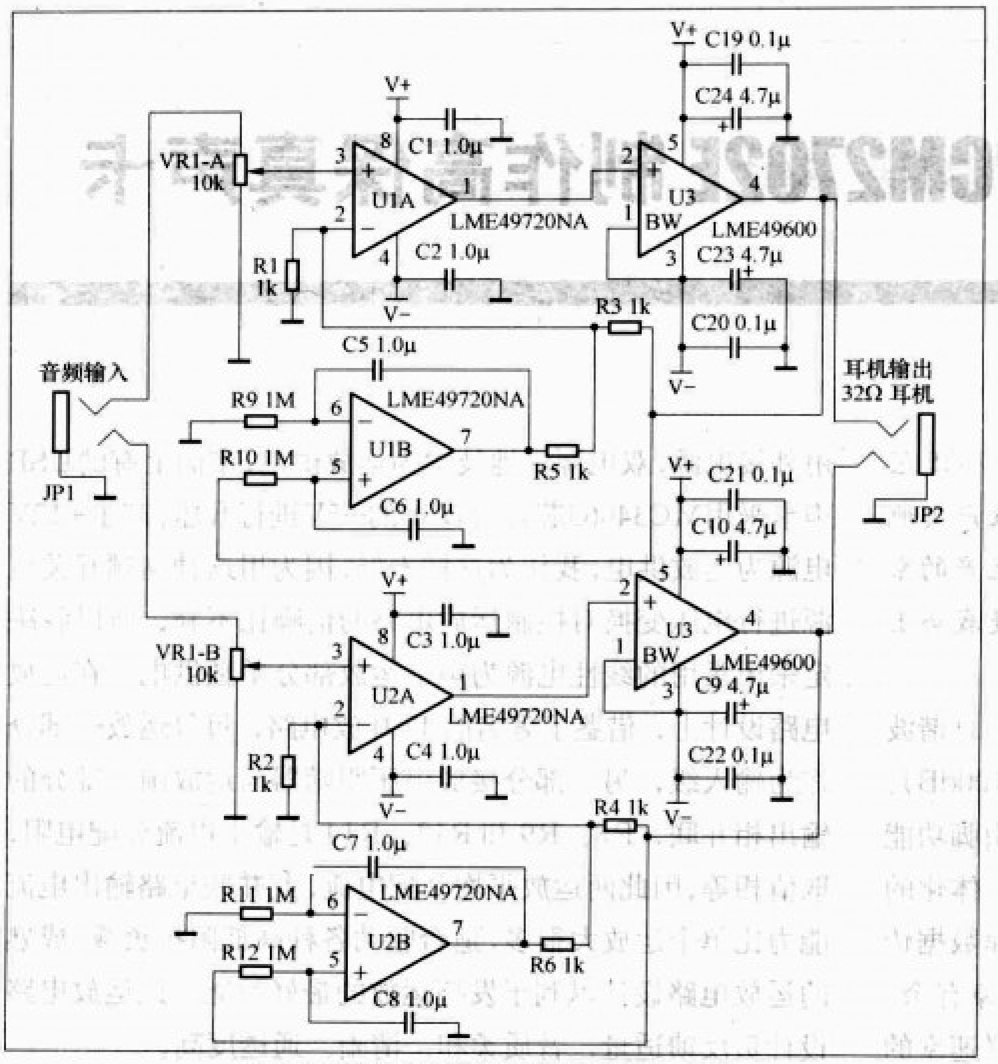


图6 LME49600用于耳放的电路原理图

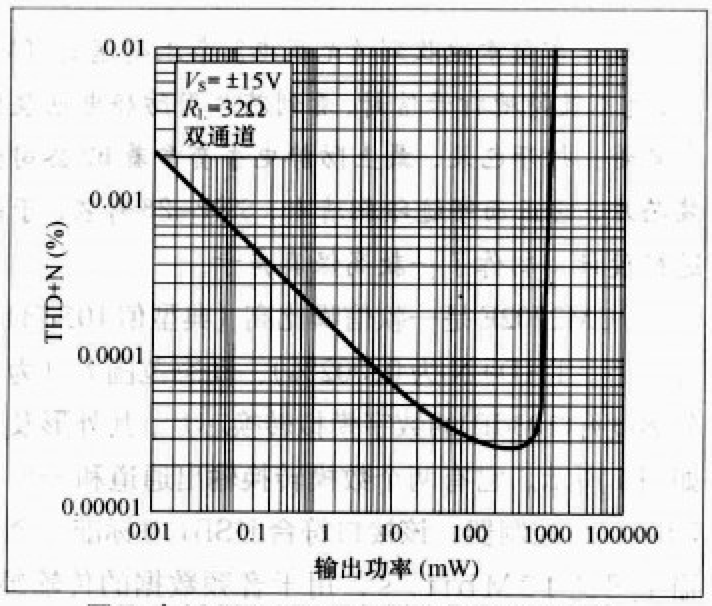


图7 由LME49600担任缓冲输出级的耳放的THD+N—输出功率曲线图

大器，改善放大器对容性负载的驱动能力，同时还可以解决有效过热反馈（普通运放输出大电流引起芯片过热）的问题。简而言之，LME49600可以帮助高性能运放克服驱动能力不足的弊端，用运放构建专业级的低阻耳机放大器也不再需要分立元件组成的缓冲输出电路。除此之外，在高保真和专业音频应用中，线路驱动、小功率功放、高性能运放的缓冲输出、ATE PIN测试设备的缓冲电路等也可以由LME49600来担任。

LME49600的带宽为180MHz，通过1脚（BW端子），也可以将带宽配置为110MHz，除了减少带外噪声信号的干扰，还可以减少电流消耗，由14.5mA减少到8mA。无论哪种带宽模式，LME49600都可以提供2000V/μs的S_R指标而THD+N典型值为0.00003%（与LME49710搭配）。此外，LME49600还有限流保护及过热停机功能。

LME49600只是一个输出缓冲级，电压增益小于1，内部等效电路图如图5中的右图所示。

LME49600采用NSC公司获得专利的VIP3工艺制造，封装形式是5引脚的TO-263，表2所示的是LME49600主要技术参数，测定电路的电压推动级是LME49710。VIP3是一种高压的互补—双极工艺技术，晶体管管芯采用垂直集成工艺，可以提高输出电压摆幅的峰峰值。

LME49600用于耳放的实例电路如图6所示，图7所示的是相应的THD+N−Po的典型曲线图。以一个声道为例，电路的增益由R2、R4和R6共同决定，低端频响由R11和C7决定，按图中元件数值，转折频率为0.16Hz，电位器VR1是音量电位器。双运放的型号是LME49720，U1A是电压放大推动，U1B是直流伺服电路。LME49720是NSC去年推出的高素质运放，针对音频放大设计，同系列的还有单运放LME49710和四运放LME49740，典型特点是直流增益误差（DC Gain Linearity Error）非常小，典型值只有0.000009%。在图6电路中，当用±15V电源供电时，在32Ω耳机上可以获得500mW的功率而THD+N的典型值为0.00003%。

用数模转换芯片 PCM2702E 制作高保真声卡

文 / 姜兰举

我非常荣幸地收到《无线电》杂志赠送的PCM2702E芯片，迫不及待地打开信封，看到芯片用防静电包装袋严实地包装着。打开包装，戴上防静电手套拿着BB公司生产的原装芯片，它正面字迹印刷清晰，SSOP-28封装，于是我马上进行设计，制作了一款高保真声卡。

PCM2702E是一款信噪比高（典型值105dB）、总谐波失真小（THD+N为0.002%）、动态范围大（为100dB）、分离度好(103dB)的数字模拟转换芯片，其外形及引脚功能如图1所示。它有两个数模转换输出通道和一个一体化的USB接口控制器，该接口符合USB1.0标准，全速数据传输率可达12Mbit/s，用于音频数据的传输绰绰有余。PCM2702E可以接收48kHz、44kHz和32kHz采样速率的16位立体声或单声道音频数据。如此好的数模转换芯片必须要有好的运放搭配才能发挥最好的效能，于是我决定采用BB公司的发烧级双运放OPA2604AP。这种运放的特点是音色醇厚、柔顺、润泽，中性偏暖、胆味很浓，被发烧界赞誉为非常具有电子管音色，市场售价每只30元左右。

电路设计

我设计的电路如图2所示。高保真电路最基本的要求是电路对称性要好，电源供电充足，负反馈量要适当，强的推动力，高的信噪比，对大的信号不产生过载失真。为此我采用外接电源，双电源浮地技术为运放供电，市面上有的USB声卡采用MC34063芯片对USB的+5V进行升压，产生+12V电源为运放供电，我认为这样不好，因为用这种高频开关电源进行电压变换对控制运放电路的信噪比不利，所以我决定采用常用的线性电源为声卡运放部分单独供电。在运放电路设计上，借鉴了著名的47耳放电路，每只运放一部分作为输入级，另一部分接成电压跟随器与运放前一部分的输出相并联，R8、R9和R13、R14是输出电流分配电阻，取值相等，因此两运放平均分配电流，此并联电路输出电流能力比单个运放大很多，适合驱动各种高低阻抗负载，成熟的运放电路设计以利于发挥运放的最好效能。此运放电路设计负反馈适量，音质柔和、清晰、通透度高。

元器件选择

0.1μF电容全部采用WIMA的聚苯乙烯有机薄膜MKS2电容，耦合电容采用Nichicon bp MUSE无极性电容，电解电容除了C10外，全部采用6.3V松下金字超小型电解电容，电阻采用1/8W 五色环金属膜电阻。为了方便业余制作，印制线路板设计上采用单面板，尺寸为105mm（长）× 60mm（宽），印制线路板及元器件的装配如图3所示。印制线路板业余条件下制作可采用热转印法或使用感光线路法，这两种制板方法在相应的刊物都有详细介绍，这里就不多讲了。

制作过程

首先是焊接贴片，这也是最难的一项工作，业余制作没有相应的焊接贴片设备，只能用如下方法操作。第一步在线路板贴片脚位置镀上一层锡，然后在PCM2702芯片的各引脚上镀锡。第二步把PCM2702各引脚对应插在线路板的对应插孔上，先焊接边上4个引脚进行固定，然后对其余各脚抹上松香、酒精溶液进行

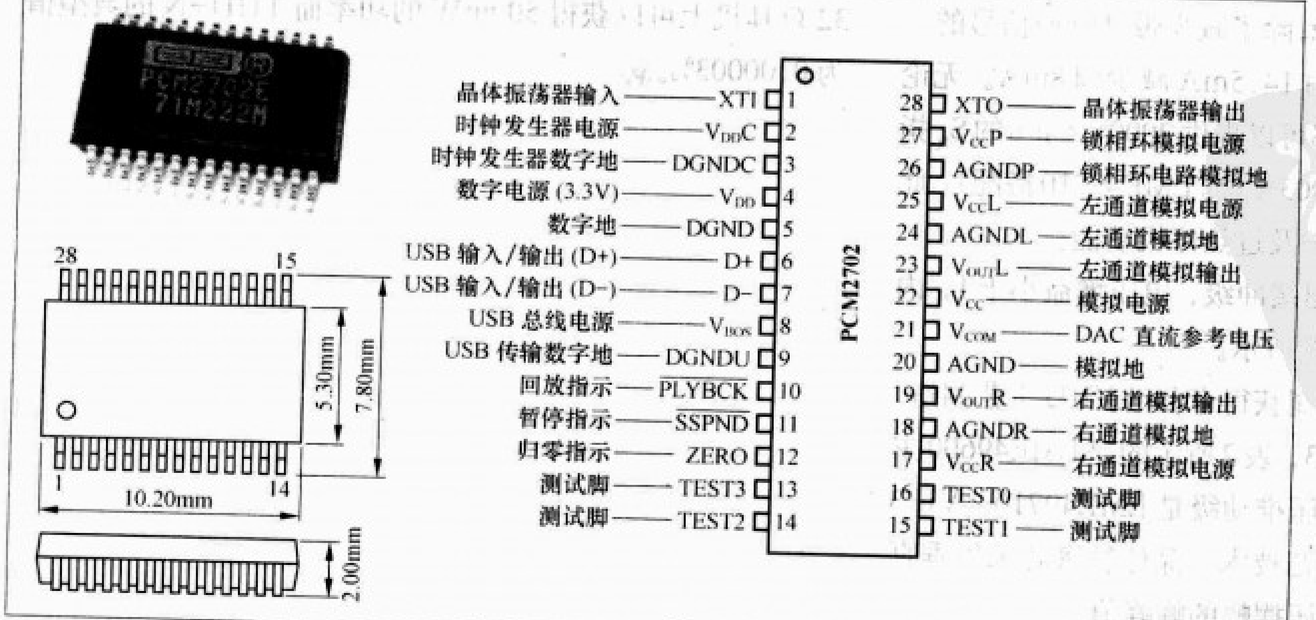


图1

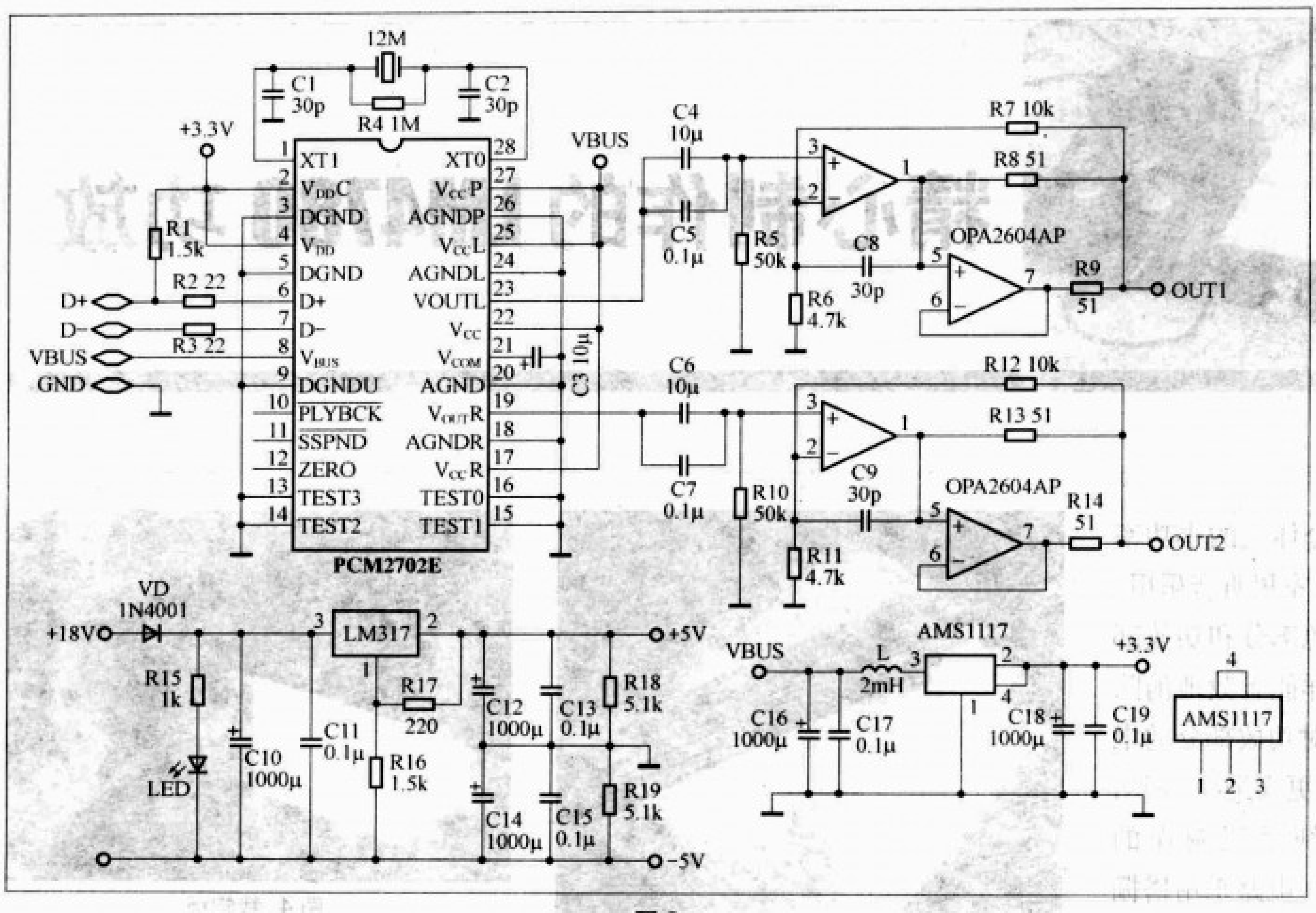


图2

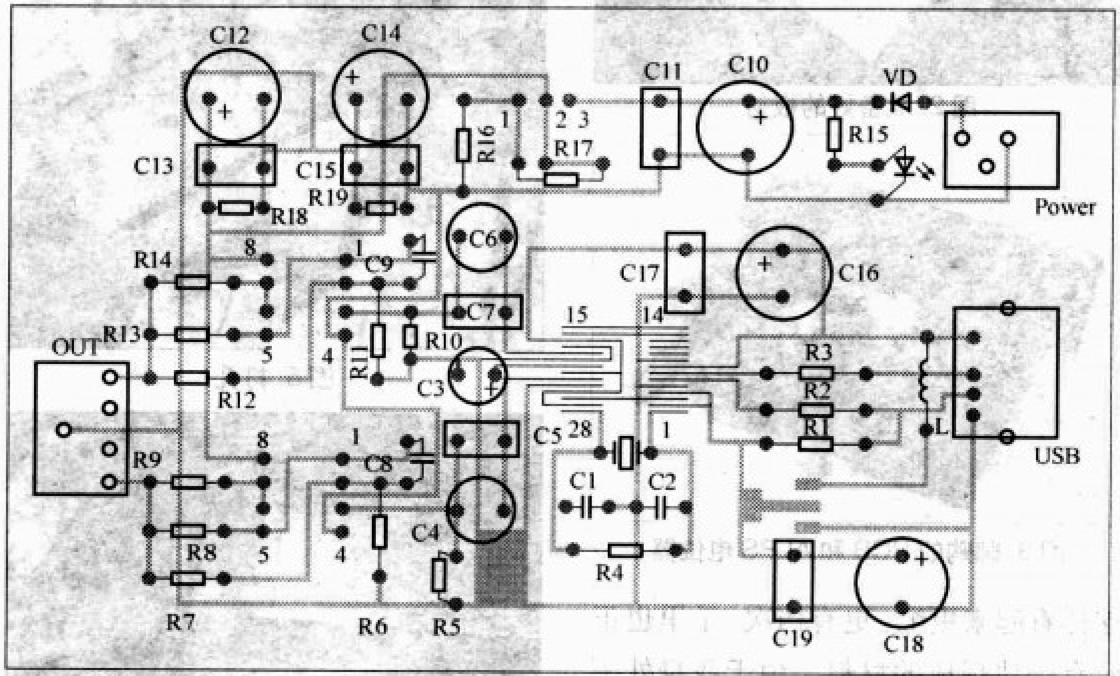


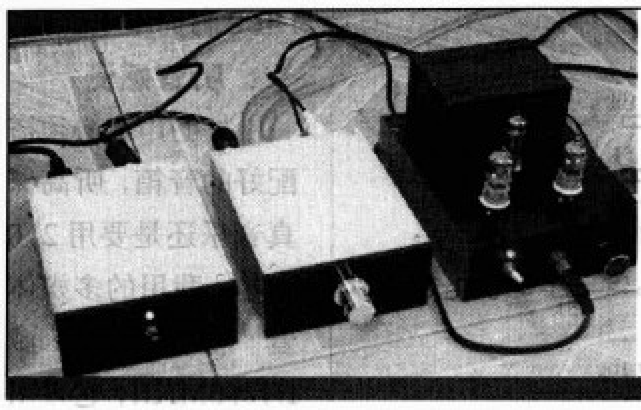
图3

排锡，使之与线路板焊接牢固。第三步用多股细铜线拧成绳抹上松香、酒精溶液顺着一排脚进行吸锡处理，直到各脚之间没有连接的锡为止，用同样方法处理另一边。第四步用脱脂棉蘸酒精进行擦洗残留的松香，要擦洗干净，否则影响外观。

线性电源采用市面常见的输出电压+12V～+18V之间的直流电源，输出电流500mA以上都可以，要求质量良好，插头里正、外负。PCM2702E和AMS1117焊接在印制线路板背面。元器件全部焊接完成后，接通电源，首先调节电阻R17，使之输出为正负5V，然后把2只OPA2604AP安装到DIP8脚插座上。

听音感受

好的声卡必须搭配好的音箱，听高保真音乐还是要用2.0音箱，我用的多媒体音箱是惠威D1080MKII，它采用电子分频技术，此款音箱从2007年7月上市以来一直深受好评，市场价格在650元左右。电脑是联想旭日N220笔记本，操作系统是WINDOWS XP。为已经制作完毕的声卡插上电源，连接上电脑与声卡之间USB线，打开电脑系统的控制面板声音和音频设备选项，在音频菜单下，声音播放默认设备中，声卡被系统识别为“Onkyo GX-R5U speakers”，至此声卡已被识别完毕。打开“千千静听”软件，播放伽菲珈而的《Hi-Fi年代1-怀念战友》专辑APE文件，听一曲怀念战友，简直不敢相信自己的耳朵，原来用集成声卡毛糙发硬的数码音一扫而光，高音穿透力十分惊人而又圆润的天籁之音展现在我的面前，仿佛歌手就站在我的身边。然后又播放《加州旅馆-1976》专辑之中的第一首“Hotel California”，与集成声卡相比，用自制的USB声卡明显感觉到鼓点厚实有力，歌手声音很有磁性，尤其在听电吉他、电贝司与嚓片的飚音时，简直是到了极致，让人回味无穷。总之用PCM2702E和OPA2604AP芯片制作的声卡听音，总体感觉音域宽广，丰满适度，音色圆润，声音方位清晰，低音厚实有力，中音亲切自然，高音明亮悦耳。这个声卡总体造价130元左右，自我感觉比市面所售的四五百元的声卡的听音效果还要好，我觉得没有白费心血，因此向大家推荐。注：良好的电脑多媒体系统听音效果，一定要有优质的音源，出色的声卡，表现力十分强的多媒体有源音箱，其中任何一个环节对听音效果都会产生很大的影响，一定要注意合理搭配。



精心制作的LM4780功放

文/夏 盛

我一直想做一款分体式的小功率靓声的集成功放放在卧室里听音乐用。分体功放好处在于电源部分和功放部分是完全分开的，这样能有效地消除电源牛(电源变压器)对功放部分的电磁干扰，使输出的声音更为纯净。偶然看到一篇国外网友纯手工制作的LM4780分体式小功放，电路采用搭棚焊接的，外形小巧漂亮，让人看了爱不释手，心想，嘿嘿！自己的动手能力也不赖，于是自己动手制作功放的念头就这样产生了。LM4780是美国国家半导体推出的一款优秀的立体声音频放大IC，可以为每一声道连续提供平均高达60W的输出功率，工作电压范围20V～80V。音频放大器工作频率范围：20Hz～20kHz，总谐波失真及噪声不超过0.5%。

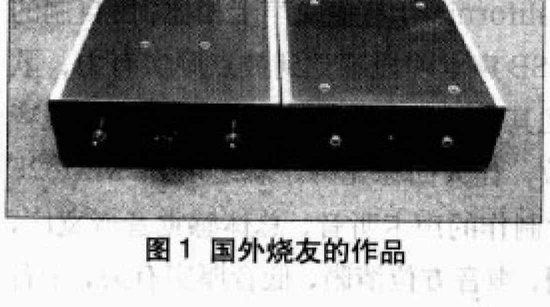


图1 国外烧友的作品

要自己动手制作对我来说不是一件简单的事情，没有加工设备，什么都得靠手工制作，不过这样做出来的东西，似乎显得更有DIY精神，呵呵。首先是找材料，机箱决定用3mm的铝板拼接，面板用黑色的5mm有机玻璃，

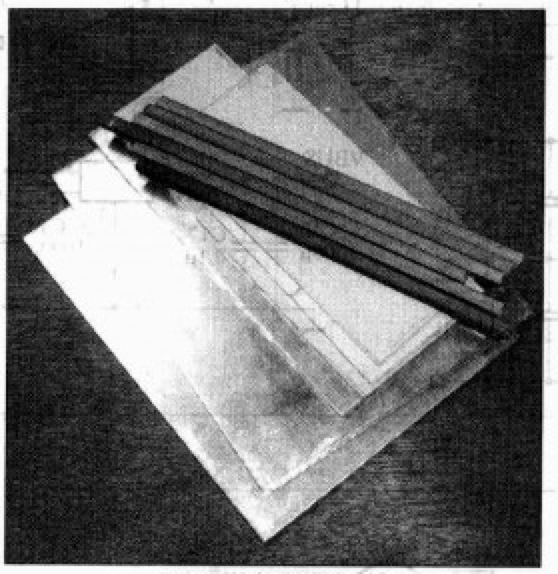


图2 准备好的板材

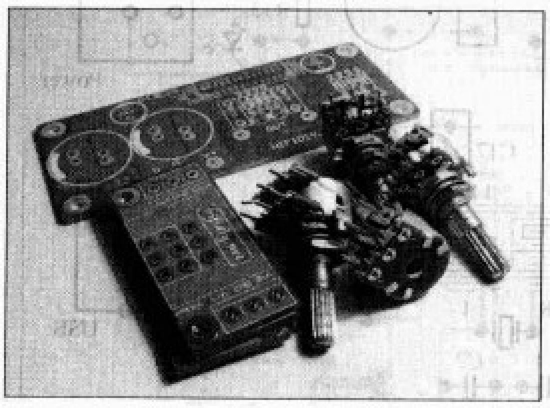


图3 邮购的PCB和ALPS电位器

这样看起来更酷、更有档次，手里也正好有一块现成的材料。由于我身处小城市，想要的材料都基本没有，没有办法只有都邮购了。铝板、电路PCB、各种接插件等全部都得邮购。材料收到后没有马上动手，而是先考虑如何摆放各个配件的位置，要既不影响声音，还要结构紧凑、走线合理。构思好后就开始动手制作机箱。制作机箱是一件非常繁琐的事情，每一块铝板都要用锉刀慢慢地修锉，直到尺寸合乎要求，还要铝板与铝板之间结合完美，这样打孔就要非常地严格，不能有丝毫误

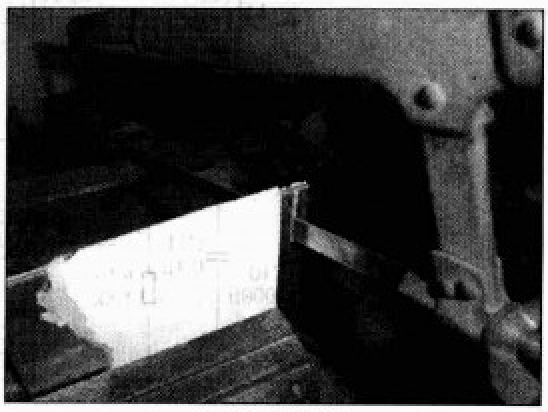


图4 裁铝板

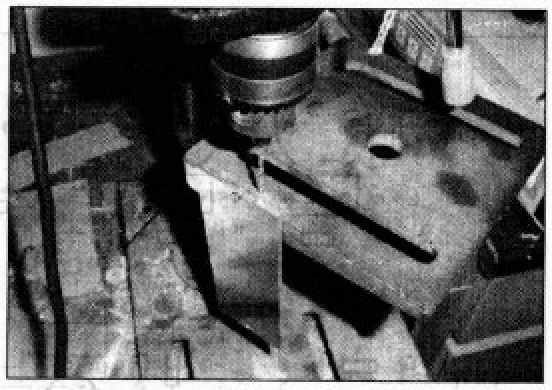


图5 打孔

图6 攻丝

图7 修整铝板的尺寸

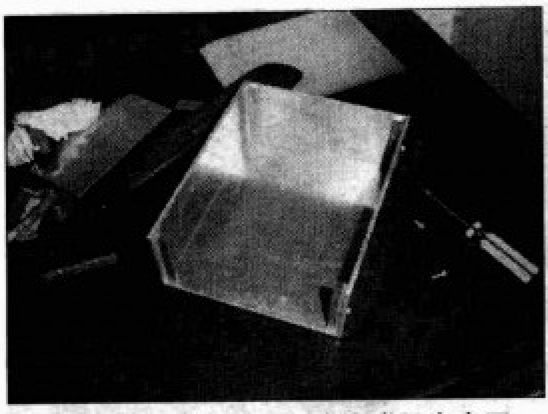


图8 慢工出细活，一个半成品出来了

差，我一般都是用三角板画出打孔的具体位置，然后用用一锥形的工具打出一个小坑来，这样钻孔的时候就不会偏，钻出来的孔才能精确，要不然作出来的机箱参差不齐，那就等于是浪费材料了。铝板和铝板之间采用方铜连接，之前考虑过用角铝，但是角铝找不到这么小的，一般都比较宽，这样做出来就不怎么美观了。我是个完美主义者，对DIY的作品都希望能尽量做到完美，要不就不去做。功夫不负有心人，经过一个星期的努力，一个漂亮的机箱作出来了。

接下来做电源滤波PCB板。我是用了最原始的办法：透明胶加刀刻法。先贴上透明胶，我是用的黄色的不干胶带，这样好辨别保留和要撕掉的部分。刻好以后仔细检查一遍，看看有没有出错的地方，然后撕掉不要的部分，放到三氯化铁溶液里，大概10多分钟的样子，一块PCB板就做好了。接下来是打元件孔和焊接元器件，焊好后检查一遍，有时会犯把滤波电容焊反的低级错误，等到通电的时候那就只能看烟花了，呵呵。电源整流桥我选的是600V/6A的扁平桥，滤波电容用的是8只ELNA的4700μF/35V的电容，有人说LM4780用4700μF的电容就够了，而我却不这样认为，为了在大动态时能够保证有足够的输出功率，我在电源两端分别加上10kΩ的放电电阻并且并上了0.1μF的汤姆逊电容，防止高频干扰。

图9 腐蚀好的电源PCB

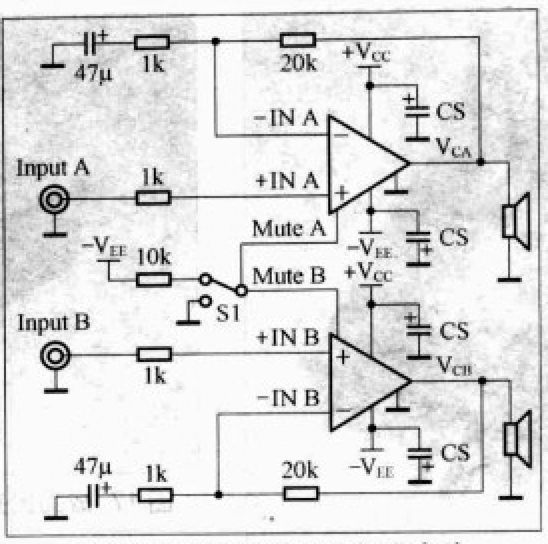


图10 LM4780的官方标准电路

接下来是功放部分。本来打算电路采用搭棚焊接，但是考虑到搭棚的电路稳定性不强，还有就是LM4780脚位实在太密，搭棚有一定难度，所以最后还是采用现成的PCB板。PCB板采用的是hifidiy提供的，板子双面镀金，做工很好。电路采用的是LM4780的官方标准电路，也是最为稳定的电路。板子还可以通过跳线选择做并联输出或者桥接输出，这也有多种电路玩法。板

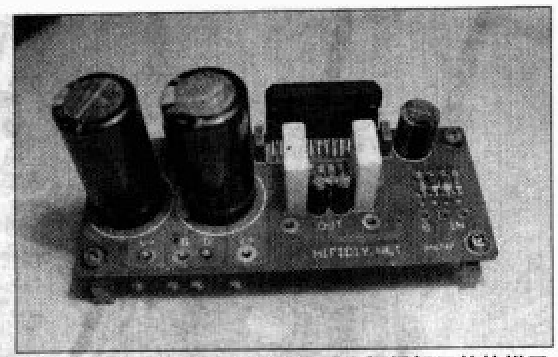


图12 用hifidiy的LM4780 PCB板焊好元件的样子

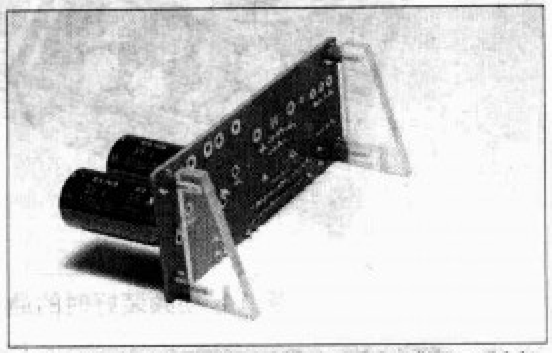


图13 为了让PCB竖着安装更加牢固，自己做了一副支架

图11 焊好元件的样子

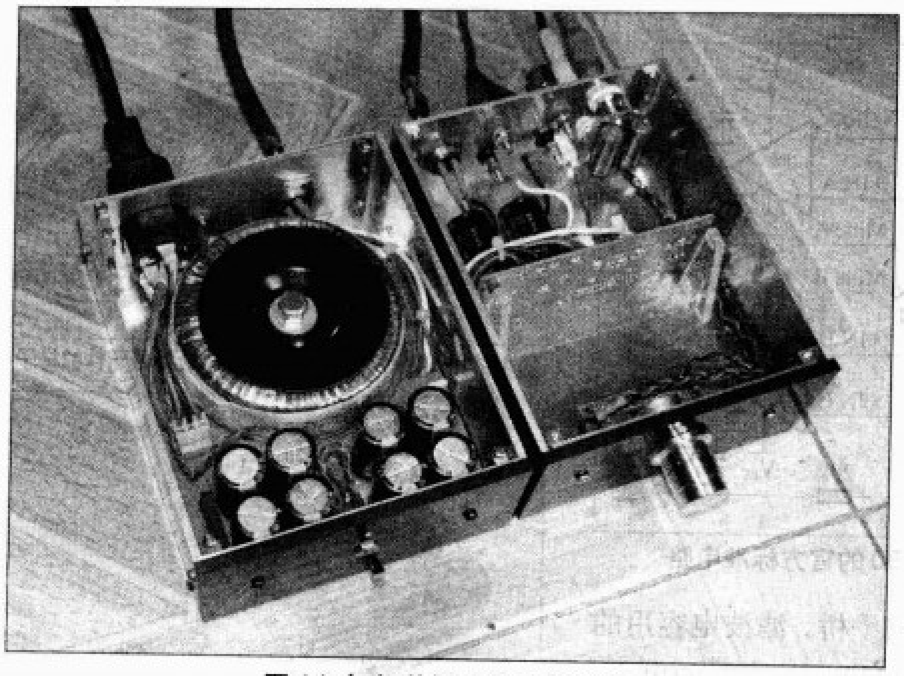


图 14 初频装好时的通电测试

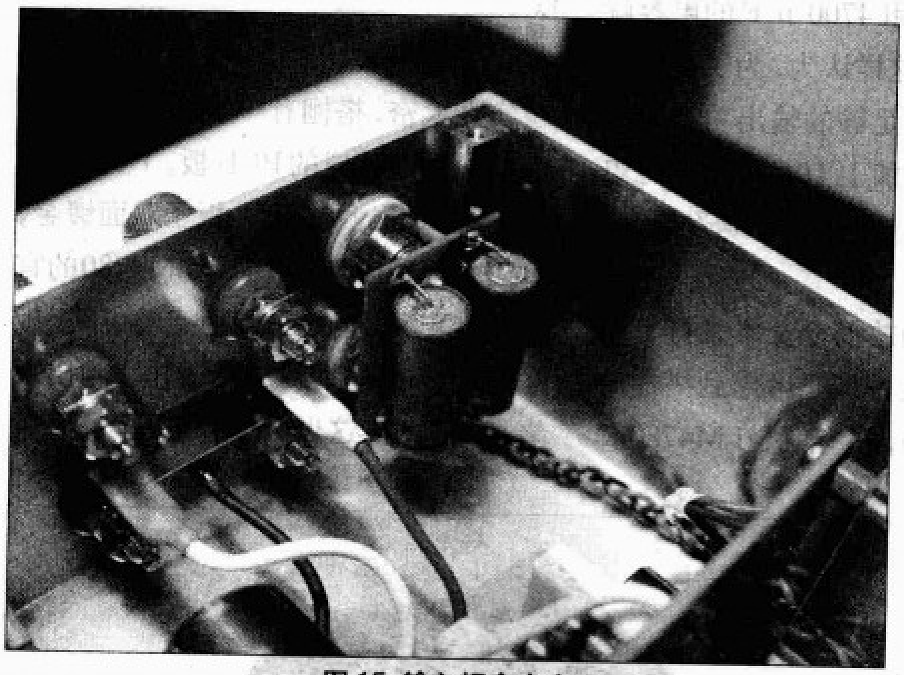


图 15 输入耦合电容

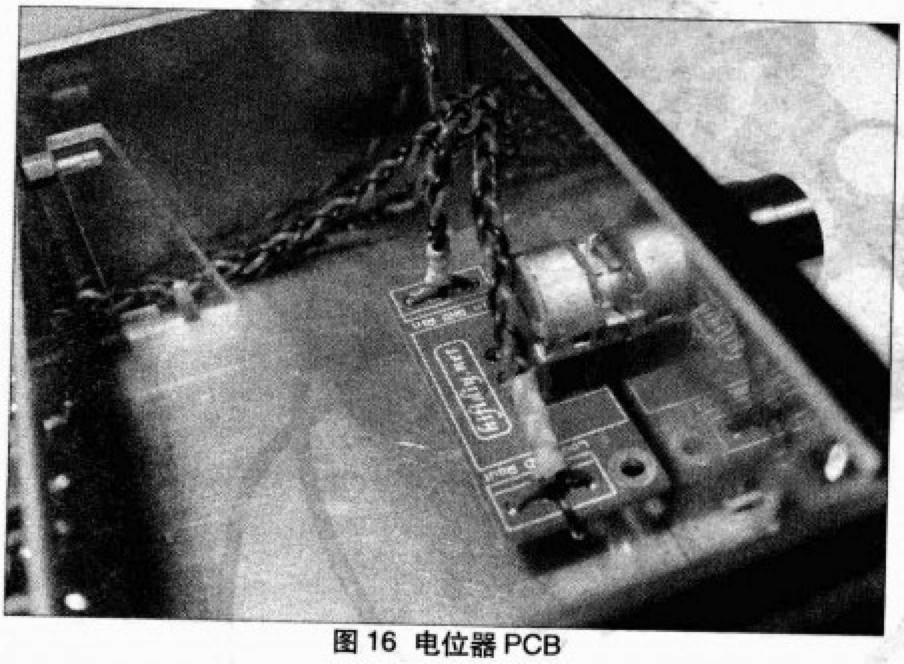


图 16 电位器 PCB

子选择竖放，让LM4780散热面直接接触机箱底板，利用底板散热。为了让PCB板更为稳固，自己还做了一对有机玻璃的支架。元件的选择：滤波电容采用的是ELNA的4700 μ F/35V

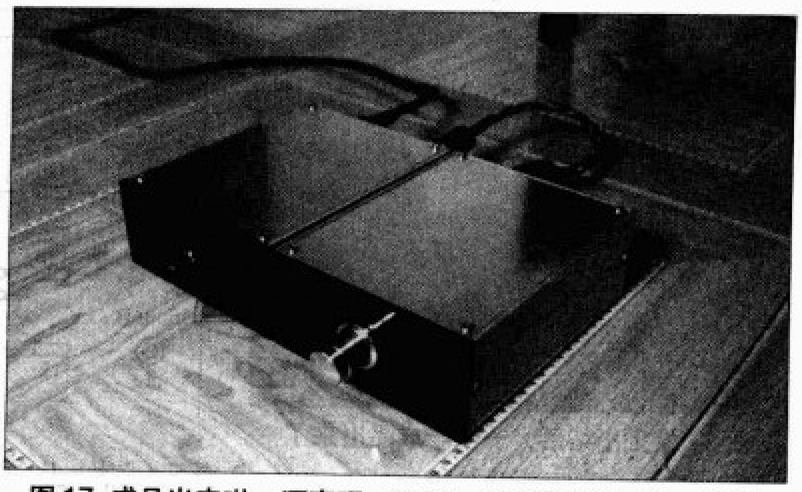


图 17 成品出来啦，漂亮吧。呵呵，和老外的比一比，谁靓

图 18 试音。除了音源，器材全部为个人 DIY

蓝色电容，退耦采用的是nichikan的100 μ F/35V金色发烧电容，电阻采用的是台湾1/4W高精度金属膜电阻，电位器采用ALPS 16型50k Ω的。将各元器件焊接好，电位器进行一点接地，将各走线连接好，然后进行整理，用尼龙扎带固定好，这样走线就更为美观。这时先不要急着试机，坐下来休息一下，调整一下心情，最后再仔细检查一遍看看有没有出错的地方，否则会有放烟花的可能，呵呵。将电源线接好，不要接扬声器。怀着激动又紧张的心情打开了电源开关，蓝色的电源指示灯亮了起来，马上用表测量电源电压，±28V很稳定，再测量输出端中点电位，两声道为0.1mV和0.3mV，中点电位控制得非常好。LM4780的发热量也很低，通电1小时左右基本温热。

接下来就是最关键的试音了，虽说有漂亮的外形，但如果没有好的声音，那也没有任何意义。接上音箱、信号源等设备，一通电，没有噪音和开机的冲击声，感觉不到功放已经通电了，在无信号下开到最大音量几乎听不到噪声。试音我用了自己DIY的6N3前级，音源用的是SHARP的DR480H，音箱也是自己DIY的。通过试音，声音表现很出色，中高频表现尤为突出，解析力强，低频动态也不错。总而言之，LM4780是一个性价比很高的一款音频放大器，电路简洁，调试简单，很值得广大烧友去试一试。

EL34单端功率放大器制作

文 / 周大明

朋友送来一对曙光厂给国外代工的EL34和一对12AX7，正好可以试试音响DIY论坛版主Julien推出用EL34单端线路（见图1），听听这对国产精品管的音色怎么样！

做电子管功放主要的核心在输出变压器，如果没有一对质量好的输出变压器，即使用天价的西电300B做机，也未必能出来好的声音！看网上出售很多各样的输出变压器，但质量很难说，有些所谓大厂出的变压器，朋友们用了感觉也很一般。本人发烧20余年，输出变压器等也动手绕过几十对，于是决定自己动手做，还能节约资金。在网上找来拆机的Z11硅钢片，自己动手用1mm厚绝缘板做骨架，按照做好的骨架尺寸计算出输出变压器所绕匝数，动手绕出了一对自己感觉很满意的输出变压器。变压器绕组结构采用了初级分4段（见图2），次级分3段夹绕在初级绕组中间绕法，这样的绕组结构能最大地减少漏感，初级层间垫2层0.015的电缆纸用来最大限度减少分布电容，以提高高频端的延伸，测量初级电感量达到19H以上，漏感还不到10mH，这样输出变压器的特性在高低频都能得到很好的表现。很重要的一点，对于单端功率放大器的输出变压器，一定要注意仔细调整铁芯的间隙。电源变压器要求功率足够就可以，但初级要多抽出230V的头（见图3），以适应有的地方市电电压偏高的问题。

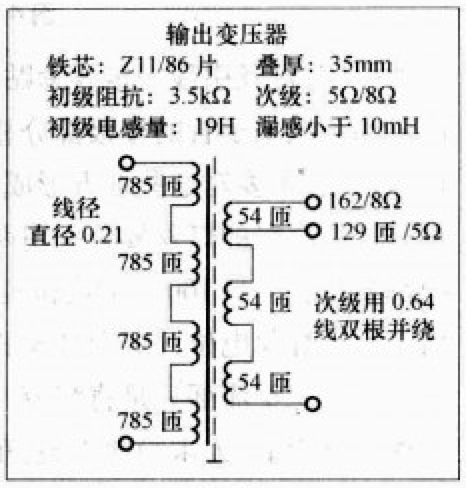


图2

扼流电感用国产D40铁芯，舌宽22mm，叠厚35mm，用0.31mm直径漆包线绕2800匝左右，电感量约为10H，电流为200mA。

机壳底台是用铝合金门窗的宽10cm、高4.5cm角料做成的，前面板用5mm绝缘板（外形见图4）。

整流部分没有用电子管，个人感觉用晶体管整流和电子管整流在听感上区别不大，况且EL34也不是什么高价电子管，所以高压延时缓冲也显得不那么重要了。如果用晶体管整流还能节省少许电源变压器的功率，减小了变压器的体积，几只变压器在底台上排列也显得比较协调。

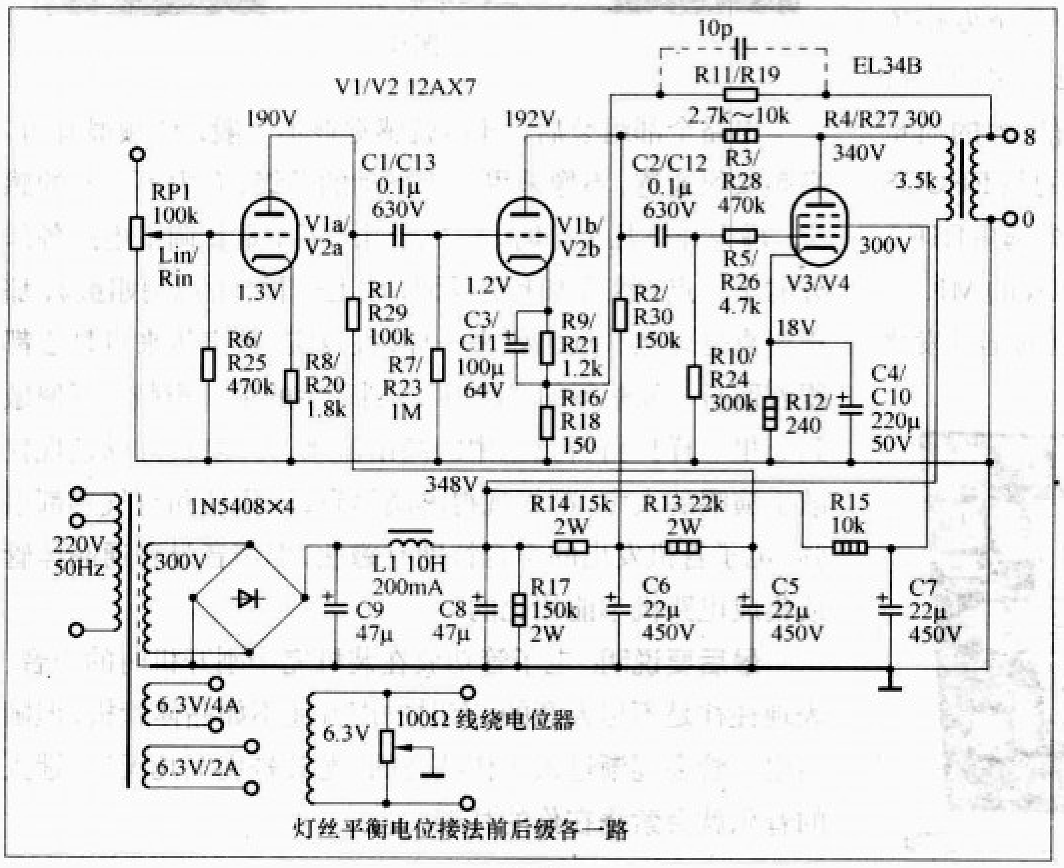


图1

在元器件焊接之前先在底台上用粗点的裸铜线布好地线，地线要保证在底台上架空，除了在电源变压器附近一点接底台外，其他的地方不允许再有相连的地方，以免形成不必要的信号回路引发干扰。下一步是布

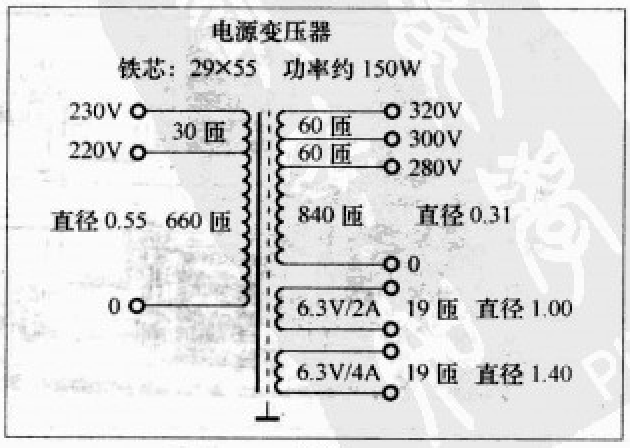


图3

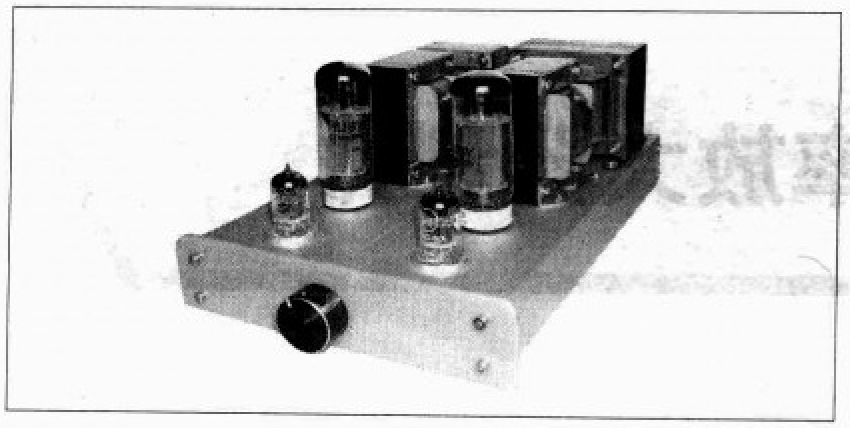


图4

灯丝引线。灯丝引线一定要紧贴底台，尽量不要与信号输入部分和前级电子管的栅极部分相交，最好远离并在底台的边缘走线，不要对这些地方形成干扰而引发噪声，这一点很重要！前后级的灯丝要分别用两组灯丝绕组，每组灯丝绕组都要并联一只100Ω的电位器，把电位器中心抽头接地，用来平衡灯丝电位，减少灯丝的交流干扰。

主电源整流部分是将整流二极管和主滤波电容器放到一块电路板上，力求简捷工整。前级电子管要左右声道分开供电，以提高声道的分离度。大部分发烧友都知道，功率放大器的电源部分所耗费的功率要约占整机的一半，因为没有足够的供给能力和质量比较好的电源，功放是放不出好的音响效果的。

在焊接前级元器件时要考虑元件的分布是否均匀，同时尽量不要和交流部分交叉（图5）。后级元器件的排列要考虑发热的阴极电阻，要给它有足够的散热空间，阴极电解电容不要离电阻太近，以免电解电容长时间的被烘烤而失效。

此款功放所选用的元器件都是在市场和各个发烧论坛里能找到的平价元器件，主电源的滤波电容用的是拆机的PHILIPS（飞利浦）蓝六角，这个电解电容的质量很好，充放电的速度很快。前级电源滤波用的是EPCOS的拆机电解电容，效果不错。耦合电容，第一级选用RIFA的0.047μF，两只并联，后级用的是红WIMA的MKP-10系列的0.22μF，这个电容是我们最早见到的国外发烧电容，现在的价格也比较便宜，有很多烧友对这种电容情有独钟，是普通发烧友认为最廉价而又好声的电容。电阻基本选用了国产早期的大红袍（见图6），这种电阻功率余量大，质量也很稳定。

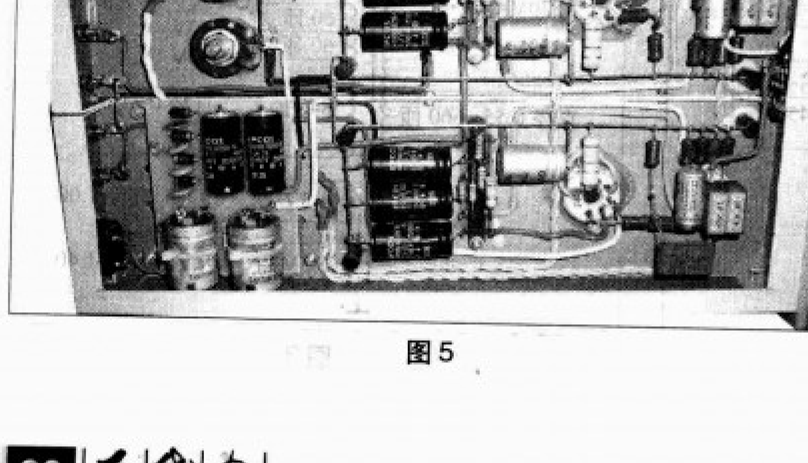


图5

电子管是曙光给国外代工的，看外观就感觉比市场见到的打曙光标的EL34B质量好，内部电极和云母片安装得都非常工整，有着晶莹通透的玻璃外壳，上部是密封的，12AX7管从管外看不到管内灯丝的亮光，可能是为了提高灯丝的热利用率吧。

电路调试比较简单，只要每个元件在焊接以前都用万用表仔细检查一遍（这道工序很重要，往往有很多初烧友就不重视这项工序，如果把有问题的元器件焊到机器上再找原因，就很费时费力了），确定质量完好再细心焊接，这样电路基本能工作正常。剩下的工作就是仔细微调各个工作点，使电路工作状态最佳。

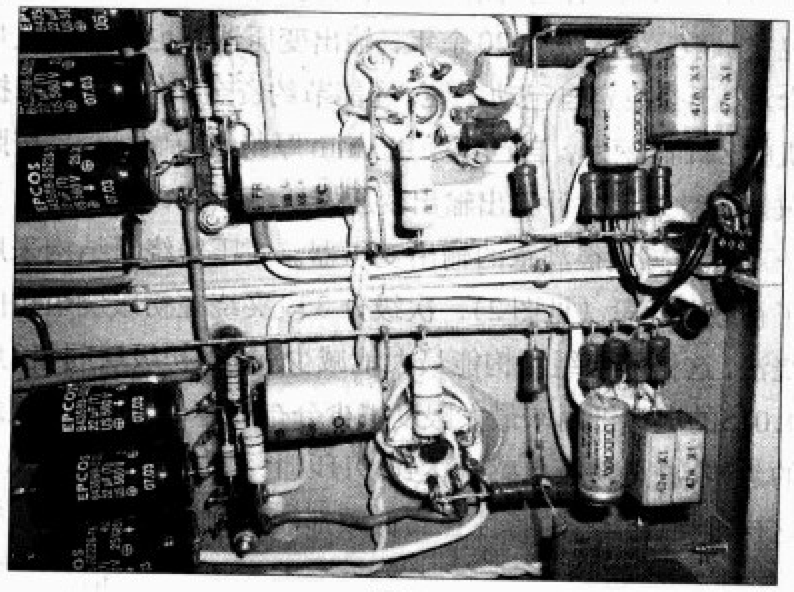


图6

电路全部组装后，开声就感觉很不一般，低频很有力，高频又很通透，不像采用一级推动的前级，有力不从心的感觉。每天开机几个小时，褒机十几天后，重新调整电路各部分的工作点，然后加上负反馈，放上朱哲琴的《阿姐鼓》，那声音真是好像从远山飘来一样，很真实，鼓声传来真是心都跟着颤抖，放蔡琴的“渡口”，刚开始的那几声鼓，好像敲到心里一样！再听弦乐中的高山流水、二泉映月以及现代歌手演唱的人声，都表现得淋漓尽致，现场感和空气感都很强。电子管机发出的声音特别有磁性，那声音是普通晶体管或集成电路机不能相比的。

最后要说明：电子管功放在装机完毕刚开机时的声音，表现往往是不尽人意的，有时的声音还不如晶体管机，但随后电子管会逐渐进入工作状态的，尤其是褒上几天后，迷人的音乐就会萦绕在你的耳畔。

211单端甲2类功率放大电路赏析

文/安玉景

本刊在2007年第11期中介绍了AUDIO NOTE KIT 300B功放电路，如果用它来搭配一些灵敏度稍高的音箱，其音质是相当优美的，但它最大不失真输出功率毕竟在8W、9W，推一些低灵敏度的音箱时难免有些力不从心。本期介绍的AUDIO NOTE 211S单端甲2类功率放大器，可以输出近27W的不失真功率，足以能够推动那些比较吃功率的音箱。

在胆界，211是一只和300B、2A3齐名的直热式大功率三极管，它的屏极最大耗散功率为75W。它的屏极输出特性是一组间隔均匀的平行线，线性非常好，如图1所示。当它工作于单端甲类状态，在屏极电压为1000V、屏极负载为10kΩ时的不失真功率只有10W左右，比300B大不了多少。但是如果让它工作在甲2类，相同条件下，则输出功率可达到27W以上。所谓甲2类，就是在它的部分工作范围内需要有栅极电流，而通常所说的甲类(也叫甲1类或者纯甲类)在整个工作范围内是没有栅极电流的，这就是区别两种甲类放大状态的标准。那么，能不能一看电路图就知道输出管是不是工作在甲1类呢？当然可以，如果输出管的栅极有一个耦合电容和推动管相连，那么肯定是甲1类。因为电容具有隔直流的作用，推动管不能够给输出管提供栅极直流电流，只能通过交流信号。大家知道，放大器的级间耦合方式除了电容耦合外，还可以用变压器耦合或者直接耦合，后两种方式都可以为输出管提供栅极电流。甲1类放大只需要电压推动，不需要电流，也就是说它不需推动功率。而甲2类放大就必须要推动级为它提供一定的功率，如果推动级的输出内阻太大，不能给输出管足够的电流，就会产生失真，所以通常甲2类比甲1类失真要稍大一些。

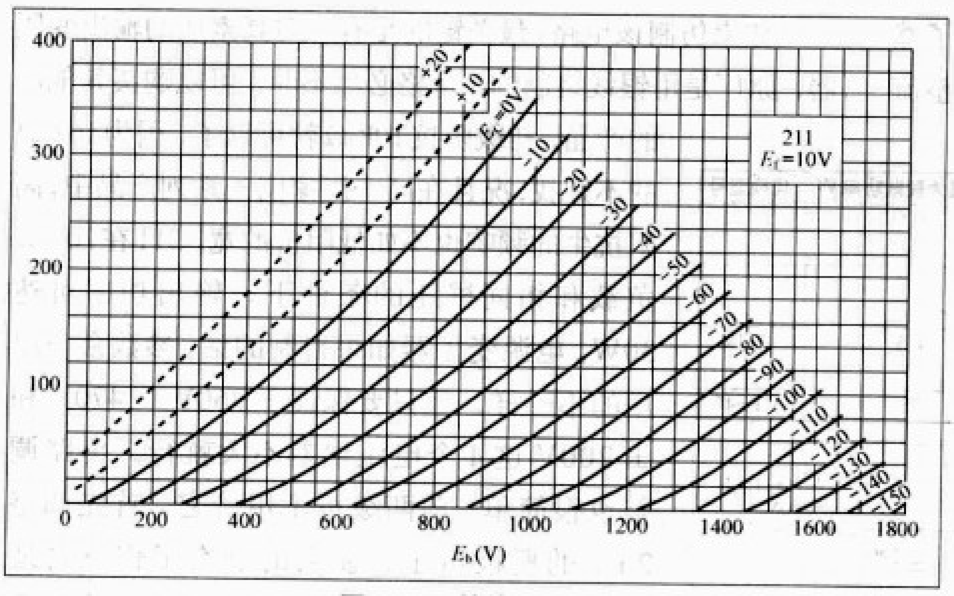


图1 211的输出特性

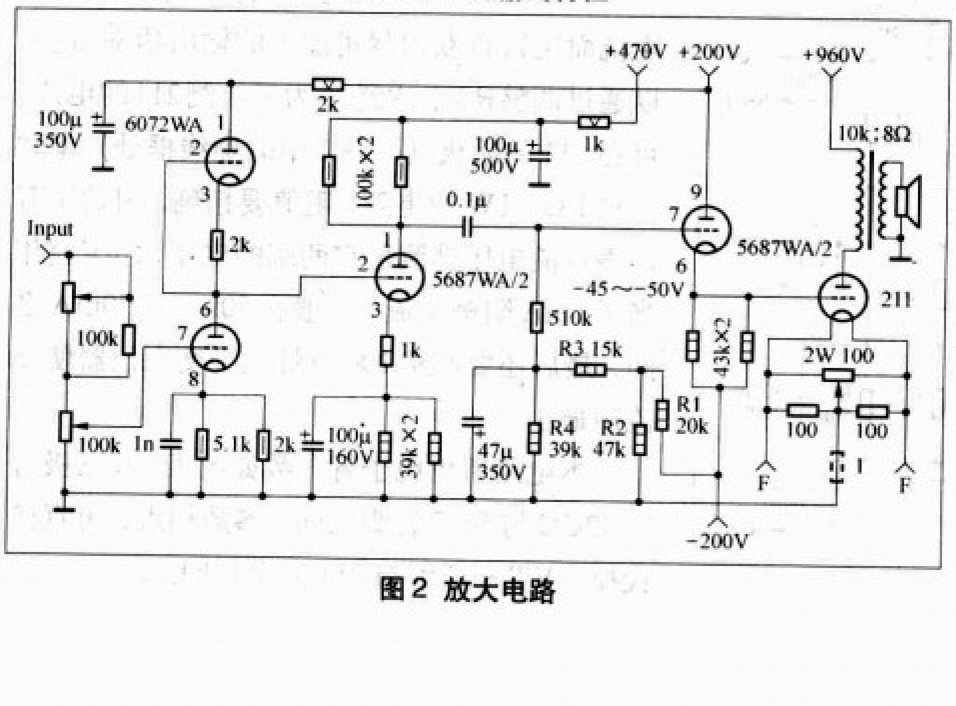


图2 放大电路

AUDIO NOTE 211S的放大电路结构如图2所示。第一级采用一只双三极管6072，下面的半只管子作共阴极放大，上面的半只管子接成恒流源作为下管的屏极负载，恒流源具有极高的交流阻抗，可以大大提高这一级的电压增益。

第二级用的是双三极管5687，它是一个低μ、低内阻的管子。此处用它的一半作共阴极放大，其栅极与前一级的屏极直接相连。屏极负载电阻和阴极电阻都是用两只电阻并联，这样做的目的，一是为了增加电阻功率，二是为了提高可靠性。

推动级采用5687的另一半作阴极输出电路，它的电压放大倍数小于1，但接近于1，具有输入阻抗高输出阻抗低的特点。它的阴极直接和输出管211的栅极连接，目的是在栅极电压大于零时能够给211提供必要的栅极电流。采用直接耦合电路的两级放大电路，它们的直流工作点是相互牵连的。一般情况下，后面管子的电压电流是由前面管子的工作状态决定的。本电路中，211所需的－50V左右栅负压就是5687

的阴极电压，因此，5687的阴极通过两只并联的电阻接到－200V电源，而不能接地。5687的阴极电压是由它的栅极电压决定的。此处用R1～R4这4只电阻构成了5687的栅负压偏置电路，使211得到一个合适的栅负压。

输出级用211作甲2类放大。它的灯丝直接用10V交流电，为了减小交流声，采用一个2W100Ω电位器和两只100Ω电阻组成平衡调节电路。

整个电路的放大部分只有一只耦合电容，并且没有使用大环负反馈，足够的频响和很小的失真是靠制作优良的输出变压器和211良好的线性来保证的，它的初级阻抗为16kΩ，取值比通常较大，目的是为了减小失真，这当然是以牺牲输出功率为代价的。

该机的电源电路设计也颇具特色，如图3所示。采用了4只5AR4作高压整流，把每个管子的两个屏极相连作为一个二极管来使用，目的是为了减小整流管内阻。交流760V（双380V）经过4个二极管组成的桥式整流电路产生＋960V高压，相应的滤波电路是效果最好的CLC式Π型滤波。＋470V次高压是由双380V和左边的两只5AR4组成的全波整流电路完成，从变压器的中心抽头输出大约＋470V的次高压，供第二级放大电路用。这部分电路的工作原理不太容易看明白，故另画于图4，如此便一目了然了。推动级所需的±200V电压是由150V交流经半波整流得到的，这里使用了三级RC滤波电路。6072灯丝有中心抽头是它的9脚，5687灯丝的中心抽头是8脚，它们都可以适应6.3V和12.6V两种电压。本电路用12.6V供电，如果使用6.3V，应该按图5所示的连接，不可弄错。为了减小6072、5687的阴极和灯丝之间的直流电压，使之不被击穿。把大约＋65V的电压加到电源变压器12.6V灯丝绕组的一端，这是通过R5、R6两只电阻从＋200V分压得到的。必须注意，给4只5AR4灯丝供电的5V绕组不能这样，也不能接地，必须悬空。说实话，用4只5AR4作高压整流，未免有些奢侈，仅4只管子的灯丝电流就需要8A电流，耗电40W。但这么做的好处是减小了整流管的内阻。而且5AR4是旁热式整流管，利用它还可以起到高压延时和软启动的作用，有利于延长放大管的寿命，如果用晶体二极管整流就没有这些优点了。

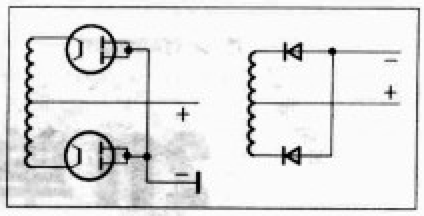


图4 全波整流电路

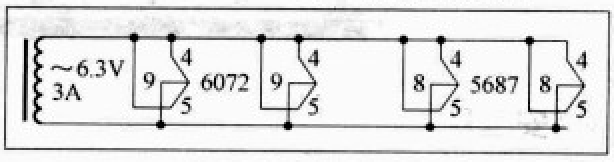


图5 灯丝并联接法

如果仿制该电路，最关键的是有一对高素质的输出变压器，原厂是用银线绕制的，价格必然不菲，可以购买其他厂的产品，初级阻抗10kΩ就可以了，因为16kΩ的不好找，况且在同一厂家同一系列产品中，高阻抗牛的频响也不如低阻抗的宽。211在10kΩ负载和相同屏压的条件下，输出功率可达30W。电源变压器如果自制的话，参数会与原厂的不一样，但只要保证＋960V ＋470V和±200V这4个电压误差不大就行。电路调整也很简单，前两级可不用管它，首先调整211的栅极负压，使它的静态工作点合适（在－45V～－55V的范围内，视输出变压器阻抗而定），以获得尽可能大的输出功率，这可以通过调整R3来达到。为了检测211的电流，可在211的阴极（即图2中的虚线框处）串联一只1Ω/1W的电阻，阻值要精确，用数字万用表直流电压挡测量它两端的电压，1mV就相当于1mA阴极电流。一般在50mA～70mA之间，最后还要调整100Ω灯丝平衡电位器使交流声最小。

本电路所用电子管参数如附表。双三极管E182CC与5687管脚相同，参数相近，可直接代换。VT-4C则与211完全相同。

附表

型号	灯丝电压V	灯丝电流A	放大系数μ	跨导mS	屏极内阻kΩ	屏极最大耗散功率W	代换型号
6072WA	6.3 12.6	0.35 0.175	44	1.75	25	1.5	
5687WA	6.3 12.6	0.9 0.45	17	8.5	2	4.2	
E182CC	6.3 12.6	0.64 0.32	24	15	1.6	4.5	7119
211	10	3.25	12	3.8	3.16	75	VT-4C

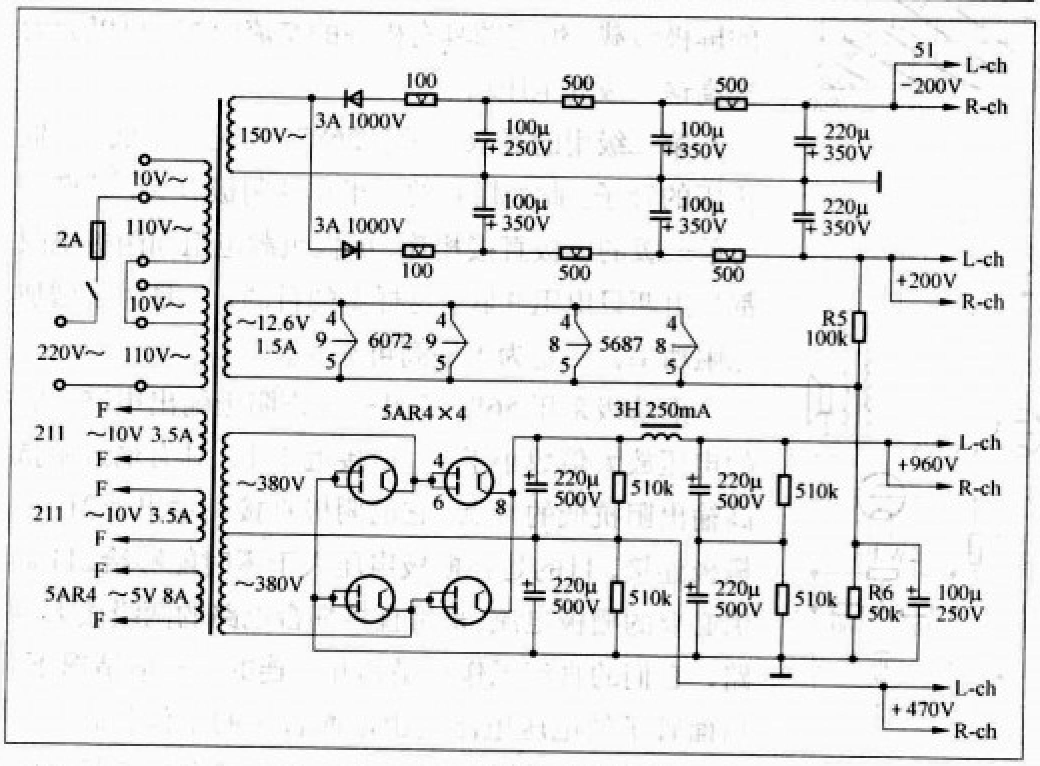


图3

打造个人电子工作室

二手仪器工具配置指南

文/聆 听

喜欢动手的无线电爱好者都渴望有一个自己的工作室，不需要很大的地方，一个工作台配上一些相关的仪器和好的工具。对于无线电爱好者来说，好的工具无非是称手的测试仪器和操作用具。尽管一些老“师傅”可以凭借一块万用表、一把电烙铁走天下，但更多的普通电子爱好者或维修者还是需要借助专业仪器来精确判断故障或完成调校。个人无线电爱好者在配置仪器方面往往预算非常有限，不像单位购置仪器预算充足，惠普/安捷伦、泰克、福禄克哪个好买哪个。因此在经费有限的前提下可以瞄准二手仪器。如何配置选购二手仪器呢？本文将从实用的角度出发，针对不同应用，给出不同的二手仪器配置建议，供读者参考。常用二手仪器的具体选购方法和经验会在后续文章中分别单独介绍。

二手仪器的来源主要是单位、大学、科研机构和一些其他渠道淘汰的仪器。仪器的淘汰或报废有点像我们现在的电脑，不是一定要等仪器有故障了才淘汰，更多的情况是有了更新更好的仪器，老的设备就自动“下岗”了。而这些“下岗”的仪器可能在专业人士看来已经没有多大使用价值，但在个人业余爱好者眼里，不少还是难得的精品。例如最常用的万用表，科研单位淘汰FLUKE 187、189表是很平常的事，而即便是成色一般的此类FLUKE高端二手表在个人无线电爱好者眼里也绝对是奢侈品。

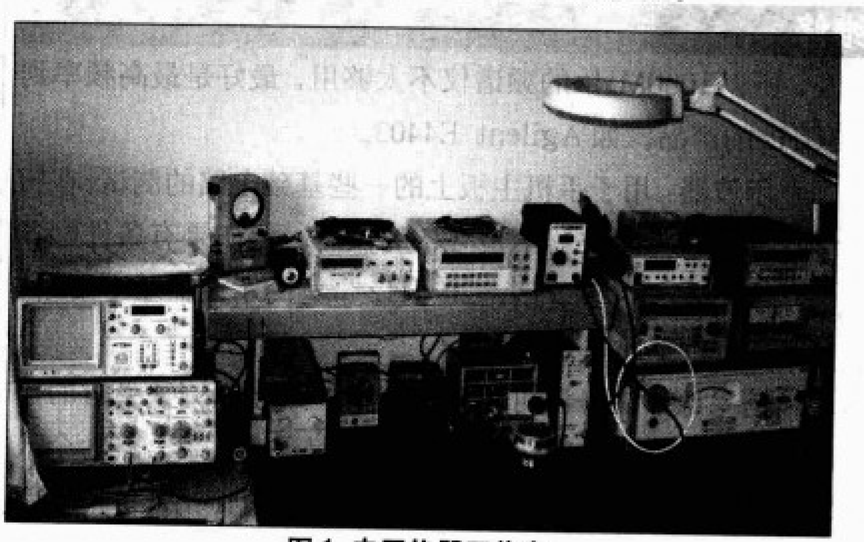


图1 电子仪器工作台

个人工作室的仪器配置往往是逐渐累积完善的，配置仪器的原则和顺序是按照使用的频度和迫切性合理按需配置，尽量不要重复投资，笔者的电子仪器工作台如图1所示。比如业余无线电爱好者的工作室配备一台HP8920A通信综合测试仪就是很好的选择，它集成了很多单项仪器的功能，但即便是二手货3万～4万元的价格也不是每个人都可以承受的，所以如果在前期和中期没有如此大预算投入的朋友还是从常用的分立单项仪器买起。合理地按需配置是很重要的一点，虽然都是无线电爱好者，但主攻的领域不同，所需要的常用仪器也不尽相同。如对于主攻家电维修方面的朋友，示波器的作用远远大于频谱仪，而对于玩业余电台或者高频的朋友（特性测量方面），频谱仪常常比示波器有用得多。再比如同样配置示波器，如果主要用于家电维修，一般20MHz带宽的模拟示波器基本够用，100MHz带宽的示波器就很不错了。如果花高额费用配置一台1000MHz带宽的安捷伦高端示波器，就不是很有必要了，其中的价格差倒可以配置很多其他仪器和工具。

接下来笔者就按不同的应用领域给读者一些仪器和工具的配置建议。

家电维修

万用表：最基本的仪器，测电压、电流、电阻，量通断都靠它（图2）。数字型万用表还是指针型万用表没有本质的区别，一般认为数字表读数方便一点，但遇到波动变化的电压、电流测量，老式的指针表比较好用。现在很多库存的500型指针表才30～50元，质量比较好的$3\frac{1}{2}$位数字表在50元上下。从实用的角度，普通维修购买$3\frac{1}{2}$位的数字表已经足够用了，没有必要苛求$4\frac{1}{2}$位表，高精度的数字台表更没有必要。二手万用表中FLUKE的系列万用表享有盛誉，即便是一些低端的表做工也不偷工减料，可靠性极高，精度也不错。万用表作为一个最常用的仪器应该选择品质好的，也避免在维修过程中突然出现测量表具出故障的尴尬。就像你拿一个FLUKE 180系列表去现场使用，懂行的人肯定对你刮目相看（当然在这里由于价格的原因并不推荐价值三四千元的高端表用于普通维修）。二手的

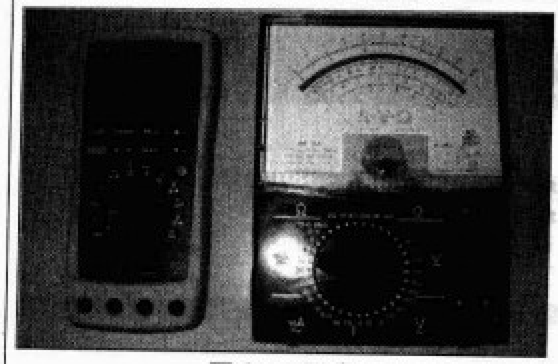


图2 万用表

FLUKE 110系列万用表值得特别推荐，早期产品中77系列、27/FM型也是很好的老表。

多路维修稳压电源：在家电维修中它可以替代电池，甚至家电中整个电源部分，是临时替代电源的理想仪器。而且大多维修稳压电源都有电流电压表指示，电压可调，保护电流也可设定，参数一目了然，非常实用。对于维修彩电的朋友配一个1:1隔离变压器，可以大大提高维修时的安全性。

摄像头：对于维修遥控器的朋友，通过摄像头观看红外发光管的工作情况是最直观的了。只要对红外线敏感的普通廉价监控摄像头就行，显示单元用普通的电视机就可以了，这样就能使红外发射头发出的不可见红外线变成“可见”了。

示波器：见图3，示波器可以更方便地观察交流信号的波形，在家电维修中使用非常方便。预算不多的朋友可以考虑一台二手的20MHz带宽的模拟示波器，预算宽裕的朋友可以直接购买100MHz带宽的模拟示波器。在常规家电维修中DSO（数字存储示波器）的优点很少有机会表现出来，所以不苛求配置DSO。

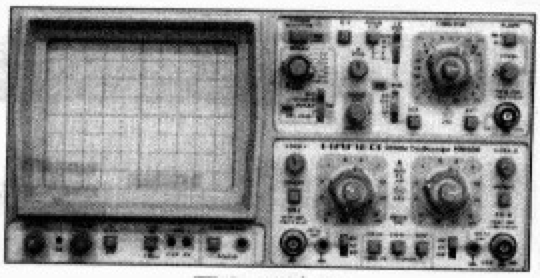


图3 示波器

图4 信号发生器

信号发生器：见图4，信号源配合示波器是查找放大电路故障的利器。一般的函数信号发生器就非常好用，数字频率合成的信号源比较贵，目前主流的压控带频率测量显示的产品，二手的价格在250～600元。有的产品还兼具频率计功能，可直接测量外部输入信号的频率，可谓一机两用。

其他工具：电烙铁是最基本的焊接工具。不过随着家电产品集成度和自动化生产程度的不断提高，大规模集成电路和贴片元件的大量应用，普通的电烙铁已经越来越难对付这些多脚高密度的集成电路了，所以热风焊台（俗称“热风枪”）紧随新一代的拆焊需求大举进军维修市场。对付那些微小的贴片元件，电热镊子用起来得心应手，“用过的都说好”。另外，出于对自身健康的考虑，排烟仪可以吸走大部分的有毒烟雾，我们难道不应该为自己的健康多花费一点吗？

手机维修

针对手机维修，除配备上述提到的万用表、维修电源外，还需要专用I/O接口或编程电缆、通用编程器。除此之外，最好配备以下仪器：

频率计：见图5，频率计用来测试手机一些测试点的振荡频率，可以发现手机的一些常见硬件故障，也属于手机维修的必备仪器。现在基于单片机的低档1000MHz频率计的价格非常便宜，基本可以满足手机的维修需要。

图5 频率计

频谱仪：频谱仪有射频万用表的美称，在手机维修中可以直接测量发射信号输出的情况。即便是老式的二手进口频谱仪价格也在5000元以上，所以一般在初级配置中不必考虑。万幸的是国内有些厂家出品了低价位的产品，典型的是安泰信的产品，使得个人用户花3000元左右就能拥有频谱仪，虽然其性能与安捷伦的产品还有很大差距，但用于手机维修是足够了。另外由于现在的双频手机非常普及，所以1000MHz的频谱仪不太够用，最好是最高频率到3GHz的产品，如Agilent E4403。

示波器：用于手机主板上的一些基础电路的测试，在初级维修中虽然示波器不是必备的仪器，但如果有条件配备会给维修带来很多方便。20MHz带宽的示波器基本可用，100MHz带宽的更好。

信号源：信号源可以方便自主地测试和调整手机的接收电路。专业进口的GSM/CDMA信号源很贵，作为个人配置，可以考虑安泰信专为手机测试设计的产品，价格仅四

恒温焊台 热风焊台

图6

五百元。

通信综合测试仪：通信综合测试仪（简称综测仪）集中了很多射频测试的功能，需要注意的是，二手市场上大部分老型号的综测都是通过安装选件才能支持GSM/CDMA的测试，早期的综测还不支持数字通信的测试方式，只能测模拟蜂窝电话和对讲机，选购时要注意。综测虽然集中了众多仪器的功能，但绝大部分老型号综测的频谱分析和示波器功能比较弱，实际应用时还需要购买单独的高性能频谱仪和示波器。

其他工具：手机主板零件密度高而且大量使用BGA封装集成块，所以防静电的恒温焊台与热风焊台是必备的焊接工具，见图6。为了能够容易看清微小的零件还可以配置带照明的放大镜等。清洗手机主板可以使用超声波清洗仪。高端应用中能够消除静电的离子风扇和吸烟仪都是不错的设备。

电子制作爱好者

万用表：普通的$3\frac{1}{2}$位数字表或者MF47、MF30、MF50之类的指针万用表都不错，作为基本参数测量没有很高的精度要求。如果万用表具备电容测量、三极管参数测量功能就更好了，方便对元器件进行检查。如果考虑到需要对锂电池单体作比较精确地测量（比如检测锂电池充电电路），则可考虑$3\frac{5}{6}$位（6000字显示）以上的数字万用表，典型的是FLUKE 110系列万用表，在测试单体锂电池典型电压2.8V、3.6V、4.2V时，可以达到$4\frac{1}{2}$位表显示4位有效数字，分辨率达到0.001V的效果。

可调稳压电源：电子制作少不了电源供电，所以一个电压可调的实验电源会给大家带来很多方便，见图7。一般电子小制作可以配备0～15V（有实际需要的可以考虑0～30V），最大电流1A、2A、5A的电源（根据实际需要）。推荐购买国产的手机维修电源，价廉物美操控方便，市场上质量比较好的有安泰信等品牌。如果你要求输出电压调谐精度比较高，可以考虑具备数字电压表指示的产品，这比采用数字万用表监测输出电压方便得多。

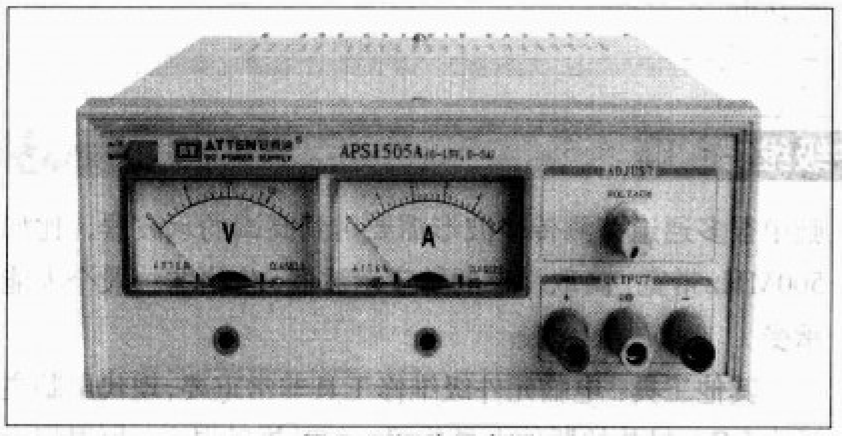


图7 可调稳压电源

示波器：如果经常制作比较复杂的电子制作，同时也进行业余维修、与交流信号打交道比较多、需要查看交流信号波形的朋友，花300～500元配一台二手20MHz带宽的模拟示波器也是不错的选择。

其他工具：国产名牌的烙铁自然少不了，广州黄花的高洁牌烙铁质优价廉使用寿命长。预算比较多的可以考虑国产的调温烙铁。日本白光烙铁名气响、性能可靠，但价格对个人用户来说太高了，有成色尚可的二手货倒不错，只是要注意，很多日本洋垃圾过来的二手白光烙铁都是110V的。对于需要经常焊接微小焊点、眼神又不太好的朋友，配置一个带放大镜的台灯非常有用。电子制作少不了与烙铁、松香、助焊剂打交道，配置一个吸烟仪作为健康投资也是值得的。

通信电台/对讲机使用维修

万用表：数字显示型万用表虽然读数方便，但不少廉价产品容易受到对讲机发射的高频干扰，所以在有些情况下指针表还有一定的用武之地，有条件的爱好者可以数字表和指针表各备一块。

维修电源：一般为手持对讲机供电需要0V～15V/3A的维修可调电源，为固定台供电的大功率维修电源最好为1V～25V电压可调，电流不低于20A。

频率计：可以用来检测对讲机发射频率的偏差情况，用普通1000MHz带温度补偿基准的频率计即可，要求在测试70cm波段时采用1秒钟闸门频率计可以显示到100Hz位。

图8 功率计/SWR表

功率计/SWR表：见图8，功率计用于对讲机发射功率的测量，通过式功率计还需要配备一个能承载相应功率负荷的负载器（也称为“假负载”）。很多SWR（驻波表）兼具驻波和功率的测量功能，实现了一机多能。高精度的数字高频功率计价格很高，配备普通的指针型功率计或者SWR表就很实用了。

高频毫伏表：用来测量高频放大级的信号电压值，判断放大器性能。

示波器：一般电路维修时有时有20MHz带宽的示波器就基本够用，若有100MHz的更好。

扫频仪：可以检测天线、谐振回路、双工器的频率特性，也是自己制作天线的利器。

调制度仪：测量电台发出信号的调制度参数，调制度高低直接影响语音的高低。

高频信号发生器：用来测试和调校接收机的灵敏度，一般要求高频信号发生器工作频率到520MHz（最好到1000MHz），衰减输出信号小于－120dBm。

频谱仪：用以测量发射机的杂波散射情况。有的频谱仪带跟踪源还能用于双工器、收发滤波电路的调校。

通信综合测试仪：见图9，综测仪一般具备频率计、功率计、调制度仪、高频信号发生器等功能，所以如果一开始就有配置综测的打算，则上述仪器可以不考虑购买。一些中

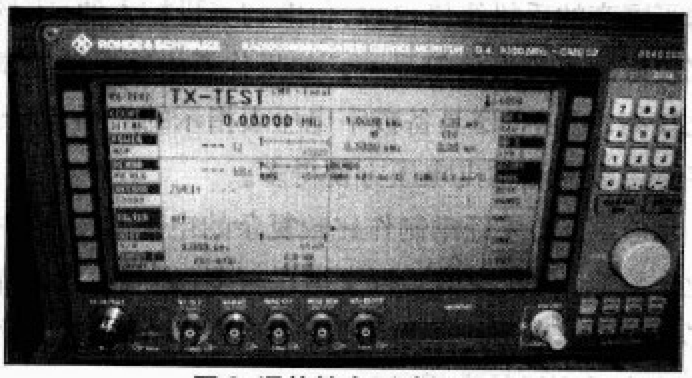


图9 通信综合测试仪

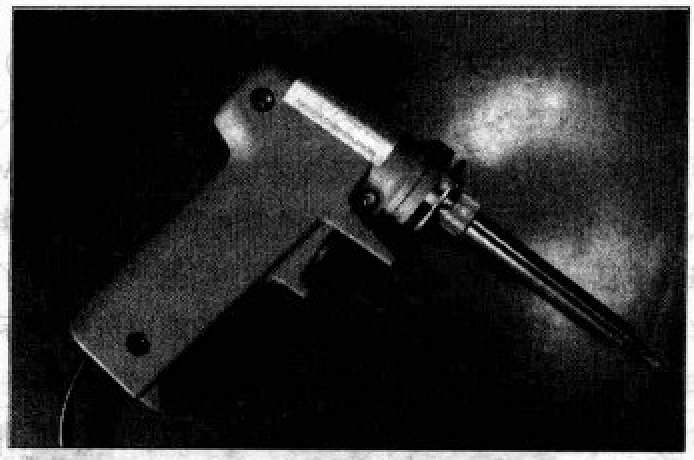


图10 双功率烙铁

档的综测还具有示波器和频谱仪的功能，但功能比较弱，实际应用还需要购买单独的高性能频谱仪和示波器。

网络分析仪：是测量高频网络的多面手，可以替代上述扫频仪的作用，是天线制作／检测、双工器调校、收发滤波电路调校的超级利器。不过其价格非常昂贵，属于高档仪器。

其他工具：普通烙铁、恒温焊台、热风焊台都是用得到的。在制作电缆焊接连接头的时候往往需要大功率电烙铁，所以双功率烙铁非常实用，见图10。这种烙铁国内制造还不成熟，日本白光的981 20W/130W双温烙铁回温快，非常好用。

电脑元件级维修

万用表：主要是低电压直流测量和通断测量，可配置3 1/2位的数字显示万用表，有附加测温功能的更好。

维修电源：用以代替各种型号的笔记本电源适配器和临时替代部分电源电路，同时可以监测供电状况，选择0V～25V、3A～5A的可调电源即可。

通用编程器：是独立重写BIOS芯片以及各种存储芯片的重要工具。

示波器：普通示波器在电脑维修中用得不多，现代电脑中很多通道监测传输波形需要用到高端的示波器，比如500MHz带宽、高取样率的数字示波器，价格非一般个人能承受。

其他工具：电脑元件级维修工具非常重要，现代电脑主板中BGA封装的器件大量使用，所以热风焊台、恒温焊台成为最基本的维修工具。有一台带照明的放大镜会大大方便微小部件的焊接操作，防止静电危害的腕带或离子风扇都是可以考虑的。

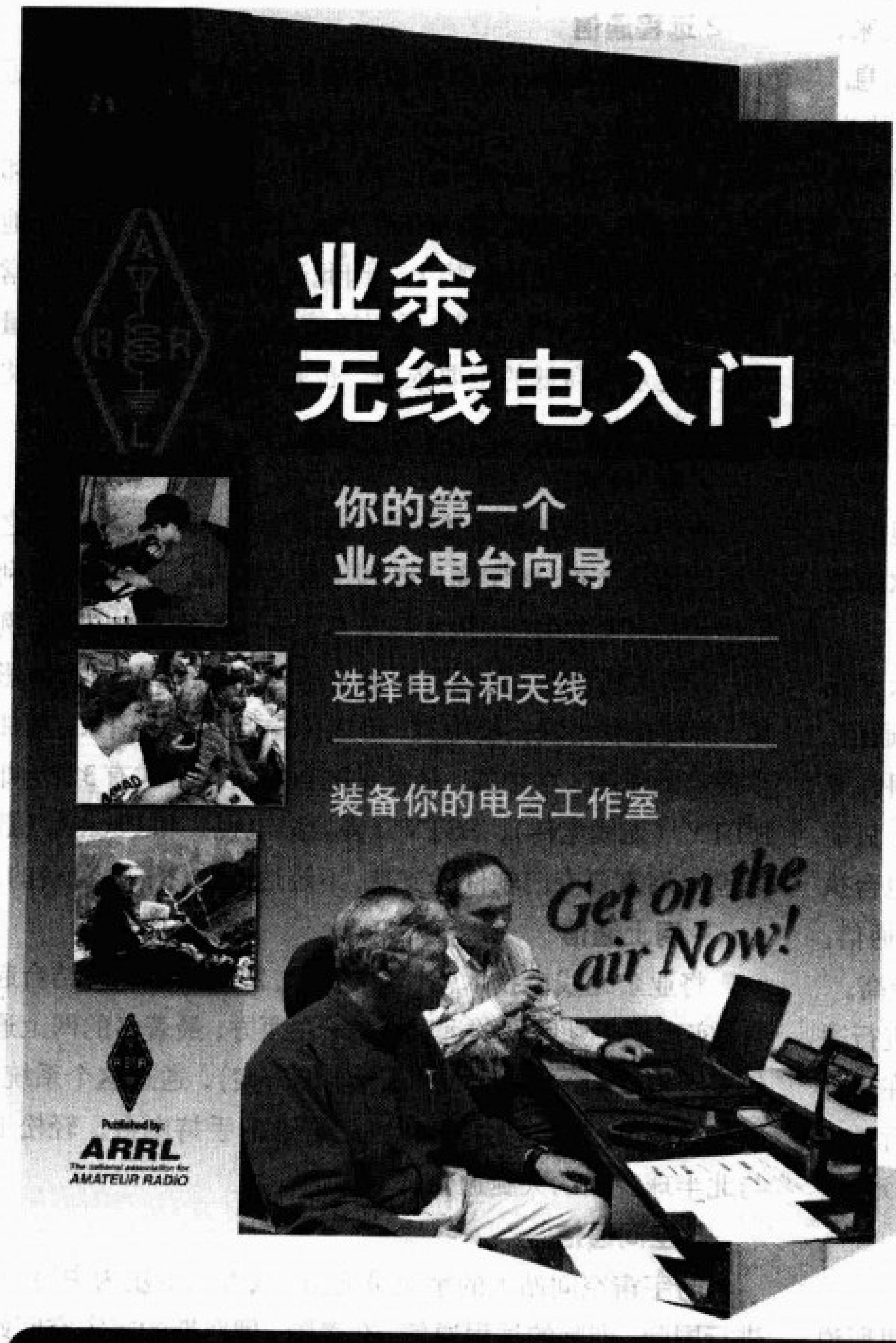
最后笔者再说一下二手仪器的参考价格定位和渠道。在你确定了所需购买仪器的档次和几个候选型号后，可以参考《无线电》杂志末尾广告中专业二手仪器商家刊登广告中的价格，也称为“行情价”。很多二手仪器商也有自己的网页，通过网页提供更多的仪器列表、照片和报价（大部分报价是需要电话询问的）。你也可以逛一下本地的二手仪器商店，一方面可以看到实物，另一方面也可以取得“本地参考价”。不同来源的参考价格可以成为最终商谈价钱的依据。另外在一些电子爱好者相关的论坛和交易网站常有一些二手商不时提供仪器信息，从价格上来说通常会比二手仪器店的“行情价”便宜不少。但这些二手商大多不是专业搞仪器的，所以对仪器性能状况的判断不一定准确，也不提供保修，在少花钱的同时也增加了购物风险。

在比较价格选择商家的时候除了价钱高低外，还要综合考虑仪器成色、保修期限、资料提供、商家信誉与专业程度、运输成本和方便程度等因素。通常被《无线电》杂志评为广告服务先进单位的商家比较值得信任，在淘宝网上累计信誉高的卖家也值得信任，同时个人仪器交易通过淘宝网的支付宝交易系统可以有效地保障买家的权益。最后提醒大家，一些贵重的、没有原运输包装的精密仪器在长途运输时，要特别注意包装结实，以免损毁（要做到外部防冲击，内部防震动），不要因小失大。

业余无线电——让电子爱好更精彩

张 宏（BG1FPX）译

本期专题，编辑部为读者准备了这个关于业余无线电入门的选题，这个选题来自即将于2008年春季开始陆续出版的ARRL业余无线电爱好者丛书中的一本——《业余无线电入门》。除第一篇《什么是业余无线电》之外，专题中的其他内容从该书中摘编而来，还在业余无线电大门外观望的读者可以从本期专题中了解什么是业余无线电，业余无线电能为我们带来什么。



《业余无线电入门》是美国业余无线电协会（ARRL）向新火腿力荐的一本书。从该书中，新火腿可以知道自己的第一部业余无线电台应当购买哪种类型，如何正确操作电台及如何从这项爱好中获得乐趣。《业余无线电入门》原书的作者斯蒂夫·福德（WB8IMY）在得知该书将出版中文版后，专门为中国读者写了一段序言——“一个世界，一种爱好”，他说：“世界各地的火腿正在等待着你。无数新朋友等待你去结识。虽然我们有不同的文化和语言，但业余无线电的神奇魔力让我们成为一个世界。”美国业余无线电协会副主席在该书的前言中写道：“本书并不是包罗万象的业余无线电大全，但它包含了你正确入门所应当知道的最重要信息。当你翻阅本书时，你相当于进行了一次环绕业余无线电世界的旅行。本书是一本业余无线电的入门读物，其中的内容永远不会过时。”

（从事业余无线电活动必须严格遵守我国的相关法规）

什么是业余无线电

如果你问10个火腿（业余无线电爱好者的同义词），什么是业余无线电，你可能得到10个不同的答案。业余无线电是一种以无线电通信为方式、以无线电研究为目的的个人业余爱好，但对于不同的火腿，业余无线电有不同的吸引力。例如，有些火腿喜欢使用手持电台或车载电台，与本地的火腿通信；有些火腿喜欢使用短波电台，与全世界各地的火腿通信；有些火腿喜欢将电台与计算机结合起来，利用无线电－数字混合技术，与国内外火腿交换各种信息；有些火腿喜欢参加国内外的各种通信竞赛，以获得奖状为最大乐趣；当然，也有许多火腿喜欢上面提到的所有通信方式。

火腿之间是利用电台互相通信的。一部电台，通常既是发射机（发射信号），又是接收机（接收信号），当然也有功能单一的发射机和接收机。火腿可以利用电台，以多种方式通信，就好像游泳者可以以蛙泳、仰泳、蝶泳等多种方式游泳一样。常见的通信方式有5种，它们是：语音方式、莫尔斯电码方式、无线电传方式、电视方式和数字方式。根据一项调查，全球火腿使用最多的是语音方式，其次是莫尔斯电码方式。

与世界上绝大多数个人业余爱好不同的是，业余无线电爱好者必须申请一张电台执照，才能使用电台进行通信。电台执照通常分为不同的等级，每个等级有不同的权利，等级越高，权利越多，例如，持低等级电台执照的火腿，只能在较窄的频率范围内，以较小的功率通信，持高等级电台执照的火腿，可以在较宽的频率范围内，以较大的功率通信。在我国，电台执照分为5个等级，五级最低，一级最高。

火腿可以使用不同类型的电台，在不同的地点进行通信。例如，使用固定电台在家里通信，使用移动电台在野外通信，使用手持电台在行进中通信，使用车载电台在行驶中通信，等等。如果我们不考虑具体的电台类型与通信地点，那么火腿通常能够做下面一些事情。

1.本地通信

使用手持电台或车载电台，与本地火腿通信。这里所说的“本地”，有时是指火腿所在的城市，例如北京市；有时是指火腿所在的社区。本地通信一般使用UHF（超高频）或VHF（甚高频），在火腿术语中，UHF也称作70cm（波长），VHF也称作2m（波长）。本地通信的距离可以达到50km（约80km），如果在本地架设一台中继台，距离还可以更远。

2.远程通信

使用短波电台，与世界各地的火腿通信。在中国，“短波”通常泛指HF（高频），也就是10m～100m的波长范围。与我们远程通信的火腿，可能在本国（如新疆），可能在邻国（如日本），可能在地球的另一面（如智利），也可能在地图上查找不到的某个岛屿上，因此远程通信比本地通信常常更有乐趣，更有挑战性。远程通信的数量与难度，是衡量火腿专业水平高低的主要依据，也是火腿申请各种竞赛奖状的主要依据。

3. 数字通信

将电台与计算机连接起来，通过专门的软件，在火腿之间进行信息交换。数字通信既利用传统的无线电技术，又利用当代的计算机技术，极大地丰富了业余无线电的内涵。例如，以前火腿通信，只能听到对方的声音，看不到对方的影像，而现在利用慢扫描电视，可以传输低分辨率图象，增加了通信的乐趣。在中国，最常见的数字通信方式有3种，即RTTY（无线电传）、SSTV（慢扫描电视）和Packet（数据包），均需要专门软件的支持，不过这些软件都是免费的。

4.网上通信

将业余无线电技术、计算机技术、网络技术三者结合起来，实现基于互联网的远程通信。在西方，最著名的网上通信系统是IRLP（互联网－电台连接方案），通过这个系统，南半球澳大利亚的火腿可以使用普通的手持电台，轻松地与北半球我国的火腿通信。

5.空间通信

与宇宙空间站上的宇航员通信，或者以卫星为中继台，进行国际、洲际的远程通信。在美国、俄罗斯的宇宙空间站

上，安装了业余无线电设备，有些宇航员本身就是有电台执照的火腿，他们会在工作闲暇时间，与地球上的火腿通信。另外，卫星可以看作是安装在外层空间的中继台，一个地点的火腿可以将无线电信号传送给卫星，由卫星转发给另外一个地点的火腿，进行国际、洲际的远程通信。

6.通信竞赛

看看谁能够在规定期限内，联络到尽可能多的电台。通信竞赛有各种各样的形式，例如，世界各国火腿都可以参加的全球性通信竞赛，日本火腿组织的日本国内通信竞赛，莫尔斯电码（CW）的通信竞赛，14MHz（20m）的通信竞赛，等等。这些通信竞赛的消息会提前刊登在各大火腿网站上，为便于火腿参加，通信竞赛一般安排在周末进行。在世界各国，许多火腿都以能够参加通信竞赛并获得奖状而自豪。

7.自制设备

自己动手，研制各种业余无线电设备。火腿的构成非常复杂，囊括了社会生活的绝大多数行业，从教师到医生，从科学家到退休者，凡是你能想到的职业，都有火腿。对许多火腿来说，除了通信之外，业余无线电的另外一个乐趣是DIY 各种业余无线电设备。有些设备比较简单，比如电台与计算机的接口电路，有些设备比较复杂，比如定向天线，有些设备甚至达到专业水平，比如短波电台。火腿的探索精神有力地推动了业余无线电技术的向前发展。

8.应急通信

在发生紧急情况或自然灾害，常规通信服务中断时，火腿有义务利用业余无线电设备，为政府和公众提供应急通信服务。美国有两个著名的火腿应急通信组织，它们是业余无线电应急通信服务（ARES）和全国交通系统（NTS），这两个组织定期开展与应急通信有关的培训与演习。火腿参加应急通信的一个著名例子是美国的911事件，当时有一批纽约火腿临时组建了一个应急通信网，在救援过程中发挥了重要作用。

提到火腿就不得不提到火腿的标识——呼号。每一个有电台执照的火腿都有一个呼号。火腿的呼号与火腿的姓名，两者的功能是完全相同的，都是用来识别某个人，但呼号有两个姓名所不具有的特点：一是唯一性，每个火腿的呼号都是全球唯一的，世界上绝不会有两个相同的呼号；二是地域性，也就是根据呼号，能够知道火腿所在的国家或地区，例如以BA1 开头的呼号，表示火腿在中国北京，以W6开头的呼号，表示火腿在美国的加利福尼亚州，等等。

1. 呼号的前缀与后缀

一个呼号可以分为两个部分：前缀和后缀。以BA1VIP这个呼号为例，BA1是前缀，VIP是后缀。大部分前缀由一个或两个字母与一个数字组成，例如W6（美国）或BA1（中国），小部分前缀由一个数字与一个字母组成，例如3X（几内亚）和9K（科威特）。由于各种原因，一些国家有几个、十几个甚至几十个前缀，而另外一些国家则只有一个前缀，例如几内亚和科威特。

如果说前缀是用来区别国家的，那么后缀就是用来区别火腿的。后缀最少一个字母，最多三个字母，按照英语字母的顺序生成，依次分配给先后获得电台执照的每个火腿。除了上面介绍的标准呼号之外，在某些国家，还有两种特殊呼号：一种是纪念呼号，用来纪念某个特别事件，例如7S2000M是瑞典火腿为纪念公元2000年的到来而特别设立的临时呼号；另外一种是荣誉呼号，也就是火腿可以申请用自己的姓名或姓名缩写作为呼号。

2.中国呼号的含义

中国呼号有大约40个前缀，但实际使用的只有10个，最常见的只有5个。下面我们以BG1VIP这个呼号为例，介绍一下中国呼号中各个部分的含义。我们首先将BG1VIP分成3个部分，即BG–1–VIP。

（1）第一部分是前缀，其中BA表示一级火腿，BD表示二级火腿，BG表示三级或四级火腿，BY表示集体电台，因此BG1VIP是三级或四级火腿。

（2）第二部分也是前缀，用来表示火腿所在的地区。中国大陆的业余无线电台被划分为10个区，下面是10个区的具体划分。

第1区：北京

第2区：黑龙江 吉林 辽宁

第3区：河北 内蒙古 山西 天津

第4区：江苏 山东 上海

第5区：福建 江西 浙江

第6区：安徽 河南 湖北

第7区：广东 广西 海南 湖南

第8区：贵州 四川 云南

第9区：甘肃 宁夏 青海 陕西

第0区：西藏 新疆

（3）第三部分是后缀，用来区别不同的火腿。

在中国大陆之外，中国台湾地区呼号的最常见前缀是BV，例如BV2AC，香港地区呼号的前缀是VR2，例如VR2UNA，澳门地区呼号的前缀是XX9，例如XX9AU。

在得到本期杂志之前，如果您对业余无线电一无所知的话，相信读到这里，您已经开始入门了。后面的文章，我们将更进一步地了解，被称为“具有神奇魔力”的业余无线电爱好及成为火腿的必备知识。

你的第一部电台

你的第一部业余无线电台将反映出你的个人兴趣。随着你涉足业余无线电这项爱好的更多方面，你的个人兴趣也会发生变化。

不管你的个人兴趣是什么，你必须要有一部电台，不是吗？

幸运的是，所有业余无线电台都有一些基本组件。一旦你认识了这些基本组件，你可以将相关知识应用到你的第一部电台以及今后购买的其他电台上。

每一部火腿电台都有3个基本组件，它们是：

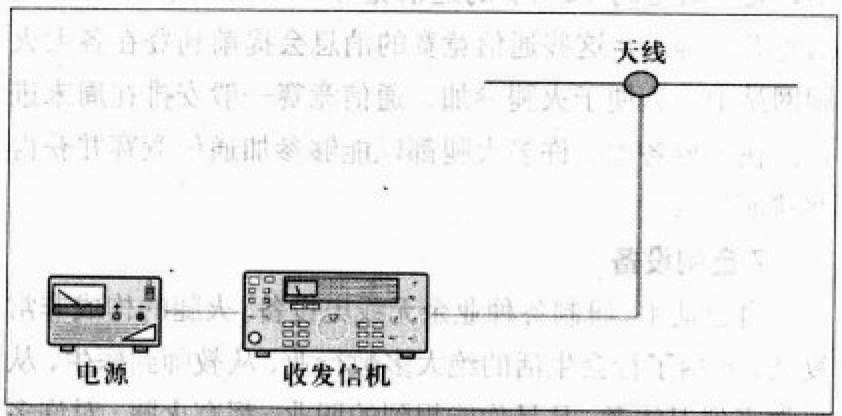
- 电源
- 电台
- 天线

在本文中，我们将重点介绍电源与电台这两个组件。

电源

如果没有电源，电台就是一堆毫无用处的金属与塑料。电源为电台提供电力，使电台工作。

如果你打算使用手持电台，在VHF/UHF波段进行FM通信，你将会发现，绝大多数手持电台都使用自带的可充电电池。但是，如果你想在房间中使用一部没有电源的电台，那么你必须购买一台小型直流电源，电压通常是13.8V，电流通常是3A。这样一台电源的价格有可能不到1000元。一旦你有了直流电源，你将不用担心在通信过程中电池耗尽的问题。



任何一部业余无线电台都有3个基本组件

绝大多数电台都不配备电源，在你购买电源之前，必须阅读电台的使用手册，了解所需电源的规格。

不要考虑购买大电流电源。你的电台所需要的电流是事先确定的，不能太大，也不能太小。事实上，你可能从来都用不到大电流。花1000多元，购买一台25A电源，来给一个5W手持电台供电，在经济上是非常愚蠢的。除非你打算在最近的将来使用大型电台，你可以在今天购买一台大电流电源（尤其是当你遇到一个价格合适的大电流电源时），否则没有必要购买。

当你购买电源时，必须注意一个潜在的问题。电源通常有两个技术指标：连续电流与间歇电流。你应当关注的是连续电流这个指标，它表示电源能够连续提供的总电流量。不要被一些广告误导，这些广告声称提供30A电源。这里提到的30A究竟是短时间提供的间歇电流，还是长时间提供的连续电流呢？你需要的是连续电流，而不是间歇电流，这一点请务必注意。

> 不要考虑购买大电流电源。你的电台所需要的电流是事先确定的，不用太大，也不用太小。

另外值得一提的是，当你购买电源时，你可能发现有两种火腿级电源。第一种是线性电源，它利用大体积变压器，将墙上插座的220V交流电压转换为较低的电压，随后再转换为13.8V直流电压。线性电源（尤其是大电流线性电源）的特点是：体积大，重量大，成本高。

这台MFJ电源是一台开关电源，它体积小，重量轻，能够提供稳定的电流。

第二种是开关电源。开关电源也能够将220V交流电压转换为13.8V直流电压，但它不使用大体积变压器，而使用其他电路，因而与线性电源相比，开关电源体积小，重量小，价格较低。

电台

关于电台，有许多需要考虑的事情，如果面面俱到，会让我们感到繁琐。幸好电台有一些基本分类，可以供我们参考。下面介绍如何根据电台的类型来选购电台。

VHF/UHF手持电台

手持电台通常简称HT（handheld transceiver的缩写），主要用于FM通信，一般需要中继台。手持电台的最大优点是便于携带。你可以将一部手持电台系在皮带上，或者放入衣袋中，然后去任何地方。许多手持电台可以多波段通信，例如可以在2m和70cm波段上通信。另外，手持电台的价格比较低。在各种新型电台中，手持电台的价格是最低的。

不过另一方面，手持电台也有缺点：它不能提供较大的输出功率，它的可弯曲天线（俗称橡胶棒）的效率非常低。除非在当地架设有灵敏的中继台，将你的信号转发到更远的地方，否则，手持电台的通信距离是很有限的。

VHF/UHF固定电台和移动电台

FM电台目录中的下一个产品是移动电台。移动电台的设计也很紧凑，但不像手持电台那样便于携带。移动电台具有更大的输出功率，通常能够达到50W或者更高。在进行FM通信时，大功率信号能够覆盖远距离，因此功率显得非常重要。

移动电台的价格有高有低，范围很大，主要取决于电台的功能。一些移动电台具有特殊功能，比如数字通信能力，比如电台主机与控制面板分离，以便将电台主机安装在条件比较苛刻的环境中，等等。当然，功能越多，价格越高。如果你希望移动通信，并且不介意多花一点钱，那么FM移动电台就是最好的选择。

一部典型的FM手持电台。

最近十几年来，固定电台的定义变得越来越模糊。严格地说，固定电台是在建筑物内部使用的电台。但随着小型化技术的发展，固定电台与移动电台的区别越来越小，两者几乎相等。例如，我们将一部电台放在汽车里，用汽车的电源为电台供电，此时它属于移动电台。我们也可以将这部电台放在室内，用我们前面介绍的开关电源为电台供电，此时它属于固定电台。由此可见，移动电台与固定电台是可以互相转换的。

Alinco DR-635T是一部紧凑型的双波段FM移动电台。

对于室内FM通信来说，可供选择的电台类型有很多，具体选择什么类型，主要取决于你现在和今后的用途。

HF电台

HF（高频）是指1.8MHz～30MHz之间的频率。HF波段是最常用的业余无线电波段，无论在白天、黑夜的任何时候，火腿们都可以在HF波段进行全球范围的通信。

在HF波段，火腿可以使用多种通信模式，包括：

- SSB – 单边带语音模式（最常用的一种模式）
- CW – 连续波模式（拍发时断时续的莫尔斯电码电报）
- 数字通信模式 – 利用各种方法，进行数据通信
- AM – 调幅语音模式
- FM – 调频语音模式（只用于HF波段的高端边缘，即29.5MHz～30MHz之间）

你可以发现，绝大多数HF电台都支持上面这些通信模式，只有少数电台不支持FM和AM。

HF电台的输出功率通常是100W，在我国必须有二级以上操作证才可使用该功率发射。

全波段电台

最近十几年来，HF电台的种类发生了明显变化，不再局限于单一波段的HF电台。上世纪90年代，ICOM公司推出了IC–706，它是第一款覆盖HF、6m、2m的HF/VHF多波段、多模式电台。其他制造厂商跟随ICOM，设计出类似的电台。今天，你可以看到1.8MHz～54MHz的电台，甚至1.8MHz～450MHz的电台。我们将这些电台称作全波段电台，它们是目前最流行、最畅销的电台。全波段电台流行的原因很简单：它们既可以让我们在HF波段进行全球通信，又可以让我们享受VHF/UHF通信的乐趣。

全波段电台通常都是紧凑型产品，既可以作为移动电

Kenwood TS-2000 是一部 1.8MHz~440MHz 全波段电台，此外，它还具有卫星通信的特殊功能

台，也可以作为固定电台。此外，一些全波段电台还具有扩展功能，例如业余卫星通信功能。

哪种电台适合你？

这个问题的答案取决于你打算花多少钱，也取决于你购买电台之后打算做什么。你可以花1000元，也可以花100000元。为了将答案简化，我们制作了表1。

电台的附加功能

每种电台都会有一些附加功能，其中一些比较重要，一些不太重要。功能的多少直接影响价格的高低。一般来说，功能越多，价格越高。在火腿俚语中，这些附加功能被称作小玩意儿。

Yaesu FT-857D 是一部全波段移动/固定电台

表 1

电台	优点	缺点
VHF/UHF FM 手持电台	体积小，价格低	通信范围有限
VHF/UHF FM 移动电台	适合作为本地 FM 通信的固定电台或移动电台	与手持电台相比，体积大，价格高
HF 电台（低端设备，5000~9000 元）	实用，价格适中	功能有限，接收性能中等
HF+6m 电台（高端设备，20000 元以上）	接收性能优异，具有多种功能	体积大，价格昂贵
全波段电台（6000~13000 元）	包含你想要的所有波段与模式	接收性能会发生变化 价格对于入门火腿来说太高
小功率 QRP 电台（不到 5000 元）	体积小，价格低	通常只有单一波段与模式（通常是 CW 模式）。输出功率太低，不适合入门火腿

ICOM IC-718 是一部低端 HF 电台

常用的电台附加功能有：

- 噪音消除功能
- 音频 DSP 功能
- IF DSP 功能
- 语音处理功能
- IF 转移功能
- 内置的 SWR 表
- 内置的自动天线调谐器（简称内置天调）
- 计算机接口
- 存储频道
- VOX 功能
- 内置自动电键

二手电台怎么样？

前面我们一直介绍如何购买新电台，但事实上，有许多火腿更愿意购买二手电台。购买二手电台的最大好处是省钱。当然，二手电台越老，它与现代技术的兼容性就越差。另外，二手电台容易出现故障，毕竟它们已经使用了许多年。当二手电台出现故障时，很难找到维修人员以及可更换的配件。

自制电台

绝大多数火腿都是购买工厂组装好的电台成品，但事实上，火腿也可以自己制作电台。QRP爱好者特别喜欢利用散装配套元件来自制QRP电台，他们甚至根据书籍或杂志上的电路图来自制QRP电台。大多数自制的QRP电台是单波段CW电台，不过也有例外。

元件的组装充满乐趣，你可以从中学到许多知识，而且可以为你节省许多钱。如果你想自制电台，但专业技能不足，你最好在有经验的老火腿的帮助下进行。

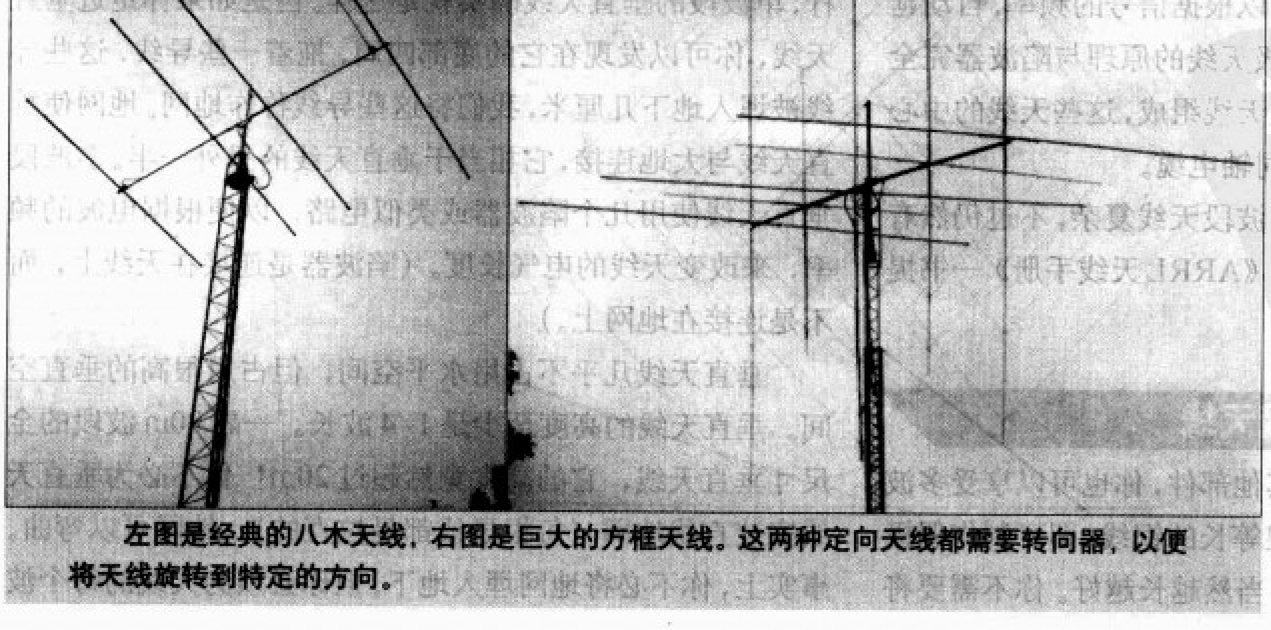
电台最重要的组件——天线

如果你想从业余无线电中获得最大乐趣，那么最重要的一件事就是你必须有一副优良的天线。你可以购买市场上最好的电台，但如果你的天线很糟糕，那么你的巨额投资就等于白白浪费了。

当我们说一副天线时，我们并不仅仅是指那根天线，还包括连接电台与天线的其他附件，例如天线调谐器和馈线。我们首先介绍天线，然后再介绍其他附件。

当你看到天线这个词时，你的脑海中会出现什么呢？你可能会想到一座高大的铁塔，上面有一个巨大的天线，顶部发出闪闪的灯光。事实上，绝大多数人都会这样想象天线。这种高大的铁塔天线是无线电的早期图腾，象征着无线电技术的深奥与神秘。

业余无线电的天线与此完全不同，它有各种各样的形状。一些天线只是一段经过仔细调整的导线，也有一些是用抛光金属制作的几根长杆（类似几根标枪）。一些天线固定在高耸铁塔的顶部，也有一些安装在较低的地方。一些看上去好像是怪异的蜘蛛网，也有一些看上去仿佛是充满现代风格的铝管工艺品。



左图是经典的八木天线，右图是巨大的方框天线。这两种定向天线都需要转向器，以便将天线旋转到特定的方向。

HF 波段的天线

对HF波段（以及其他波段）来说，效率最高的天线是定向天线。

火腿在提到定向天线时，通常是指八木天线和方框天线。这两种天线可以将电台信号聚集在指定的方向上，就好像是一个手电筒。定向天线不仅可以聚集你的电台发射出去的信号，还可以聚集对方电台发射过来的信号，也就是说，如果你的定向天线朝向西方，那么你的电台将无法接收来自东方的大部分信号。

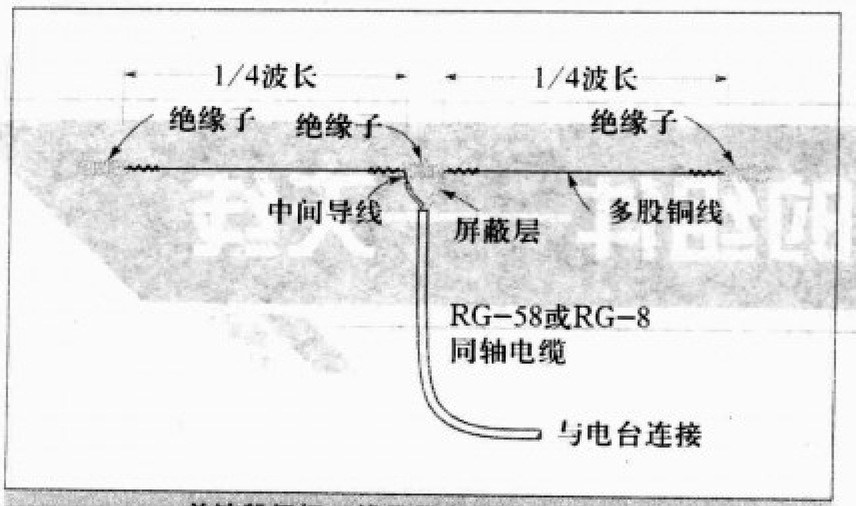
定向天线的主要问题是尺寸和价格。低频HF波段的定向天线通常都是大家伙！例如40m波段的八木天线，宽度大约10多米，最长一个单元比轻型飞机的机翼还要宽。

在价格方面，一副较大尺寸的定向天线，连同一个25m高的铁塔，至少需要20000元。你还要花额外的钱购买天线转向器，这个电动设备允许你在房间中以遥控的方式旋转天线。你还需要购买大量电缆，在地面上架设铁塔，等等。

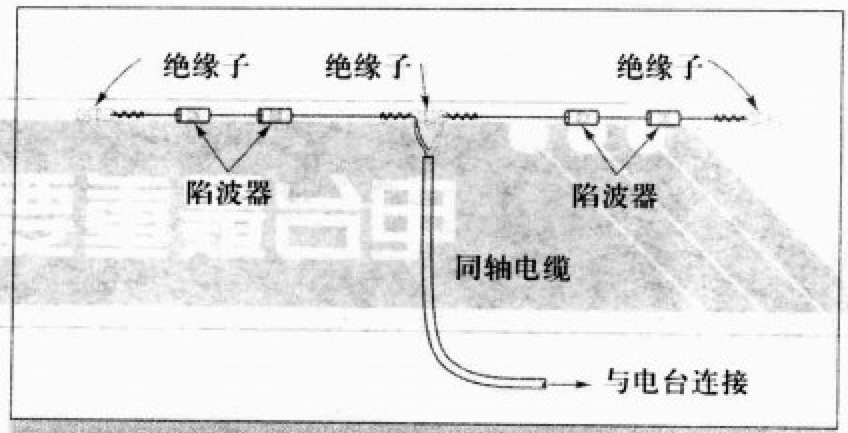
如果你的钱非常充足，你确实可以购买定向天线和铁塔。定向天线的效果惊人地好，你将不会为你的投资而后悔。依靠定向天线的信号聚集能力，以及铁塔的高度优势，你可以收到全球各地的信号。即使你的定向天线不是安装在铁塔上，而是安装在房顶支架上，你的信号也非常强大，全球各地的火腿都可以听到。

遗憾的是，目前只有少数

> 你可以用50 Ω的同轴电缆将天线与电台连接起来，不过在开始通信之前，你必须一点一点地修剪天线末端，以便让SWR在指定频率范围内达到最小值。



单波段偶极天线是最容易制作的天线。



这副天线使用两个谐振电路（即两个陷波器），使天线的电气长度缩短或延长。这种天线可以在多个波段工作。

火腿能够花钱购买定向天线和铁塔。那些好不容易攒够钱、购买了定向天线的火腿，会发现他们突然成为愤怒的邻居的攻击目标。邻居们与我们不同，他们可能无法欣赏那些高高耸立的铝制框架的美感！

安装铁塔和定向天线来享受业余无线电的乐趣，这样做是否值得？当然值得！这不是问题，真正的问题是：对一个火腿来说，安装铁塔和定向天线是绝对必要的吗？答案是：不。

单波段偶极天线

事实上，你只要在两棵树之间，拉一根普通的铜线，即可享受HF通信的乐趣，这就是经典的偶极天线。偶极天线有各种各样的变体，但它们的功能都是相同的。

单波段偶极天线是最容易制作的天线。你只需要一些多股铜线，3个塑料或陶瓷绝缘子，即可开始制作。一副1/2波长的偶极天线，需要两段导线，每段的长度是1/4波长。

带陷波器的偶极天线与平行偶极天线

如果你希望在多个波段通信，你可以使用带陷波器的偶极天线或平行偶极天线。陷波器是一种谐振电路，或者说是一种自动开关的感应器，它可以根据信号的频率，自动延长或缩短天线的长度。平行偶极天线的原理与陷波器完全不同，它由互相平行的多副偶极天线组成，这些天线的中心连接在一起，并且共用同一根同轴电缆。

很明显，多波段天线要比单波段天线复杂，不过仍然有许多火腿希望自制多波段天线。《ARRL天线手册》一书提供了制作天线的详细资料。

任意长度的多波段偶极天线

不用陷波器、加感线圈或其他部件，你也可以享受多波段通信的乐趣。你只要剪切两根等长的铜线，即可制作偶极天线。不用考虑天线的总长度，当然越长越好。你不需要将天线剪短，也不需要将天线加长，总之天线的长度不再是问题。

买一些450Ω的梯形导线，两根导线分别与天线两部分的内侧连接。买一台带有平衡输出功能的天线调谐器（简称天调）。将梯形导线拉进室内，不要接触金属物体，直接与天调连接。最后用普通的同轴电缆将天调与电台连接。

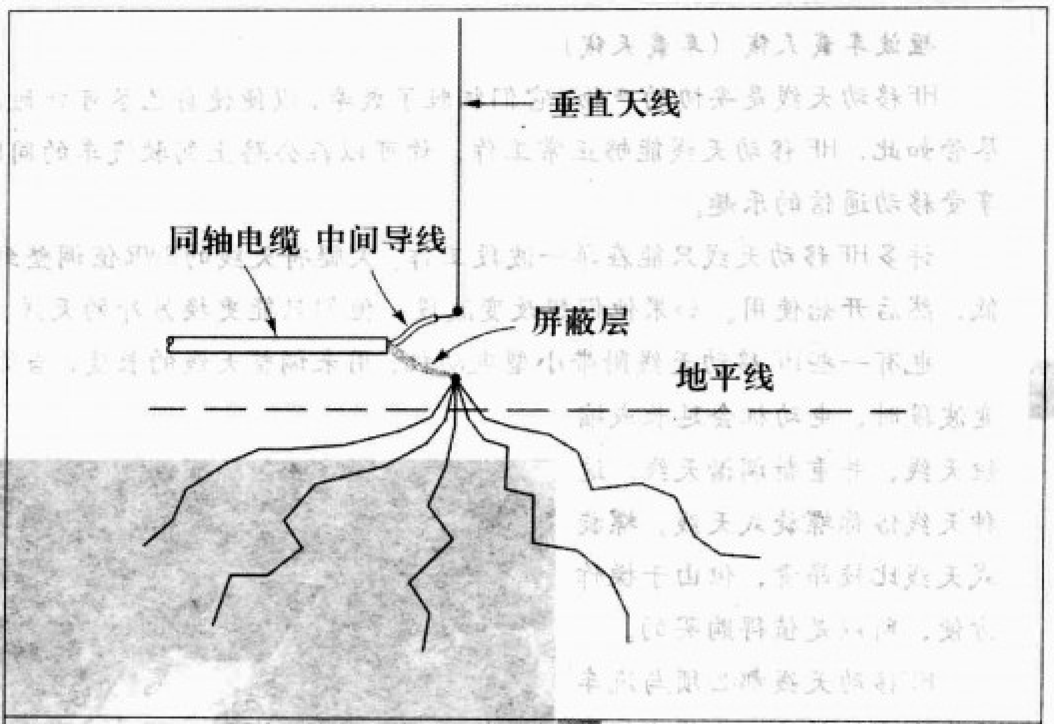
不管你最后选择哪种天线，有一点是共同的，那就是安装位置越高越好。如果水平偶极天线离地面很近，那么电台发射的大部分电波会陡直进入天空。即使我们不向你介绍传播知识，你也应当明白，电波沿着大角度向天空发射，不利于大气层的反射，不利于远距离通信。距离地面12m～22m，被认为是最理想的安装高度。当然，如果你的天线不够高，也不要过分担忧，你只要尽最大可能提高天线即可。即使天线不够高，你也可以在空中遇到许多火腿。

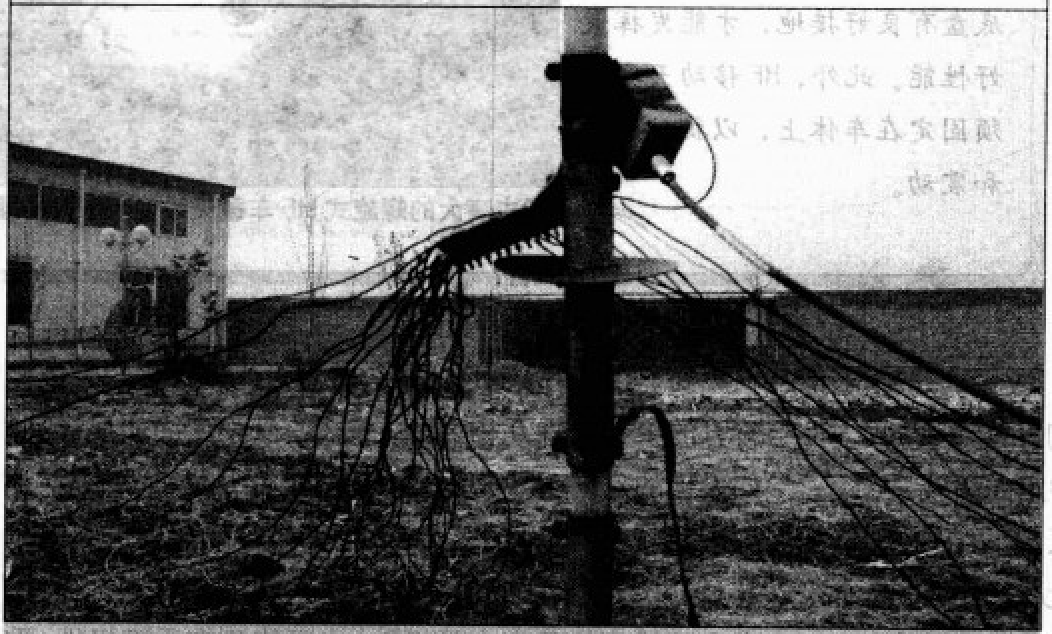
垂直天线

垂直天线在火腿中间很流行，因为许多火腿没有地方安装定向天线或偶极天线。从技术角度看，垂直天线实际上也是偶极天线，只不过它的一半在地上，一半埋入地下。垂直天线通常安装在地面，也可以安装在楼房顶部。

从远处看上去，垂直天线好像是一根指向天空的金属杆，单波段的垂直天线确实就是这样。但是如果你走近垂直天线，你可以发现在它的底部四周，拖着一些导线，这些导线被埋入地下几厘米，我们将这些导线称作地网。地网使垂直天线与大地连接，它相当于垂直天线的另外一半。多波段垂直天线使用几个陷波器或类似电路，以便根据电波的频率，来改变天线的电气长度。（陷波器是连接在天线上，而不是连接在地网上。）

垂直天线几乎不占用水平空间，但占用很高的垂直空间。垂直天线的高度至少是1/4波长。一副80m波段的全尺寸垂直天线，它的高度竟然超过20m！你不必为垂直天线安装直线地网（每根导线都是拉直的），地网可以弯曲。事实上，你不必将地网埋入地下，但你必须为天线的每个波





从上图中，你可以看出，地网并不一定是拉直的直线，它可以弯曲。事实上，如果你能确定这些地网互相之间没有搭在一起，你甚至可以不用将它们埋入地下。一些垂直天线还使用陷波器和其他技术，让天线在多个波段工作。

段都安装尽可能多的地网。埋设地网时，根据当地的土壤类型，你可以埋设12根，也可以埋设100根。

垂直天线如果没有必要的地网，那么它的性能将非常差。有一句玩笑话说："垂直天线向所有方向均匀地发射糟糕的电波"。一副垂直天线，如果没有良好的接地，或者土壤传导性能很差，那么它就是这种糟糕的天线。如果你不能为垂直天线埋设地网，你最好还是选择水平偶极天线。

长线天线

长线天线就是一根尽可能长的导线。导线的一端固定在树上、木杆上或者其他物体上，固定点越高越好。导线的另外一端与天调的长线天线端口连接。你可以发射一些电波，同时调整天调，让天线的SWR值达到最低。这就是长线天线，是不是很简单？

长线天线适合低功率通信，尤其是在客观条件不允许你架设偶极天线、垂直天线和其他户外天线时，长线天线是最好的选择。如果你的天调有良好的接地，你也可以尝试用较高的功率通信。长线天线只要求有良好

SWR的重要性

SWR是Standing Wave Ratio的缩写，意思是驻波比。

我们见到的绝大多数电台，其输出阻抗为50Ω。如果天线的阻抗也是50Ω，那么电台可以顺利地将电波传送给天线，由天线发射出去。但是，如果天线的阻抗不是50Ω，那就会发生一件奇怪的事情：由电台传送到天线的电波，有一部分会反射回电台，此时的天线就好像是一面镜子。反射回电台的电波，会再次传送到天线上。

传送，反射，再传送，再反射，一部分电波就这样无休止地在电台与天线之间的馈线上旅行，于是馈线上形成了驻波。假设在水池中间有一个发动机，不停地搅拌池水，水波冲到池边，被池边反射回来，再次冲到池边，再次反射回来，此时，你会产生一种错觉，好像水波是静止不动，这就是驻波（英文字面意思就是静止不动的电波）。

如果SWR值等于1，则表示电台传送给天线的电波，没有任何反射，全部发射出去。这是最理想的情况。如果SWR值大于1，则表示有一部分电波被反射回来，最终变成热量，使馈线升温。被反射的电波在电台输出端口产生相当高的电压，有可能损坏电台。

你可以用一个叫作驻波表的小仪器，测量天线的SWR值。外置式驻波表连接在电台与天线之间，内置式驻波表则位于电台内部，不需要单独购买。目前许多电台都有内置式驻波表。

如果你的电台没有内置式驻波表，你可以买一个。驻波表非常有用，你千万不要舍不得买。驻波表可以告诉你电台是否生成功率，天线是否与电台匹配。绝大多数火腿在通信时，自始至终使用驻波表，并且将它放在电台的旁边。如果SWR值出现问题，他们马上就可以察觉。

的接地，至于功率的大小并不重要。如果你的电台室位于楼房一层或地下室，那么你可以使用自来水管作为地线。如果你的电台室位于较高的楼层，你必须使用一根平衡地线。

所谓平衡地线，就是一根绝缘长导线，连接在天调的地线端口上。

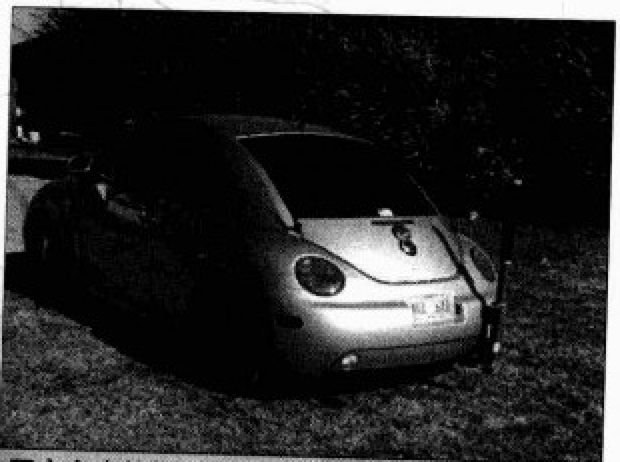
短波车载天线（车载天线）

HF移动天线是妥协的产物，它们牺牲了效率，以便使自己尽可能短小。尽管如此，HF移动天线能够正常工作，你可以在公路上驾驶汽车的同时，享受移动通信的乐趣。

许多HF移动天线只能在单一波段工作。火腿将天线的SWR值调整到最低，然后开始使用。如果他们想改变波段，他们只能更换另外的天线。

也有一些HF移动天线附带小型电动机，用来调整天线的长度，当你改变波段时，电动机会延长或缩短天线，并重新调谐天线。这种天线俗称螺旋式天线。螺旋式天线比较昂贵，但由于操作方便，所以是值得购买的。

HF移动天线都必须与汽车底盘有良好接地，才能发挥最好性能。此外，HF移动天线必须固定在车体上，以抵抗强风和震动。



图中高大的螺旋式HF车载天线使汽车显得矮小

定向天线

定向的意思是说：天线能够向某个特定方向发射电波，同时从某个特定方向接收电波。VHF/UHF波段的定向天线不再从后部发射电波，而是将全部电波聚集在前部，从前部发射电波，此时的定向天线好像是一个手电筒或放大镜。与此同时，定向天线针对某个特定方向的接收灵敏度也明显提高。

如果你希望通信距离尽可能远，干扰信号尽可能小，那么VHF/UHF波段的定向天线是最理想的选择。此外，定向天线也是VHF DX（VHF波段远程通信）和卫星通信的必备工具。定向天线非常适合以FM模式进行VHF波段远程通信。常见的定向天线包括八木天线（yagi）、方框天线（quad）和默克森天线（Moxon）。我们经常看到的用来接收卫星电视节目的抛物面天线也是一种定向天线。

定向天线是否有缺点呢？当然有。定向天线的结构比较复杂，不便组装。一些定向天线的尺寸非常大，例如6m波段的高定向性八木天线，它有11个单元，还有一根大约20多米长的主杆，安装起来相当麻烦。

如果你的定向天线朝向北方，但你想与南方的电台通信，你应当怎么办呢？除非你能让定向天线旋转，朝向南方，否则你将无法通信。所以你还需要有一个天线转向器（HF波段定向天线也需要它）。转向器就是一个电动机，安装在定向天线的下方，用来将天线旋转到你指定的方向上。

转向器虽然很好，但增加了天线的成本与复杂性。一个轻型转向器大约1000多元。如果你需要一个重型转向器，用来旋转一副或多副较大的天线，那么价格将超过2000多元。安装转向器之后，除了天线与电台之间的电缆之外，你还要给转向器与遥控器连接一根电缆。虽然转向器很有用，但电缆越多，维护工作量就越大。

天线的极性

你可能感到奇怪：难道天线还有极性？与电池的正、负极性不同，天线的极性分为水平极性、垂直极性和循环极性。天线的极性对HF通信并不重要，但对VHF/UHF通信却很重要。在进行VHF/UHF通信时，如果你的天线极性与对方的天线极性互相匹配，那么信号强度会明显提高。

如果你的定向天线是垂直安装（单元与地面垂直），那么这副天线就具有垂直极性。反之，如果你的定向天线是水平安装（单元与地面平行），那么这副天线就具有水平极性。

全向天线可能具有水平极性，也可能具有垂直极性，取决于制造商的设计。大部分全向天线具有垂直极性，只有少数全向天线（例如环形天线）具有水平极性。

你可能要问：我应当使用哪种极化方式呢？在业余无线电界，有一个不成文的规定，那就是VHF/UHF波段的FM通信使用垂直极化方式，而VHF波段的SSB/CW通信使用水平极化方式。

馈线

无论你是进行HF通信，还是进行VHF/UHF通信，馈线的质量都直接影响电台的性能。所谓馈线，就是将电台与天线连接起来的射频信号线。电台产生的电波将经过馈线，抵达天线，由天线发射出去。同样，天线接收的电波也将经过同一根馈线，抵达电台。

任何一种馈线都不是完美的，它或多或少总会丢失一些电波。换句话说，没有两根完全相同的馈线。各种馈线的电波损耗值互不相同，有些损耗大，有些损耗小。

最常用的馈线是同轴电缆。

传播——关于电波旅行的科学

了解电波如何传播，或者通俗地说，了解电波如何旅行，有助于我们最大限度地享受业余无线电通信的乐趣。从某种程度上说，一个火腿就是一个钓鱼者，只不过他的目标不是鱼，而是电波。为了钓到更多的鱼（电波），我们必须知道电波在各种环境下是如何传播的。

例如，浑浊的湖水对钓鱼者来说就是恶梦。在这种环境下，钓鱼者必须将诱饵放在水中漂浮物（例如水草）的附近，这是因为浑浊湖水中的鱼喜欢躲藏在漂浮物的下面。

火腿也会遇到类似的情况。例如，每天正午是最不适合进行80m波段远程通信的时段，聪明的火腿要么等待太阳落山，要么转移到20m、17m、15m或10m等波段。

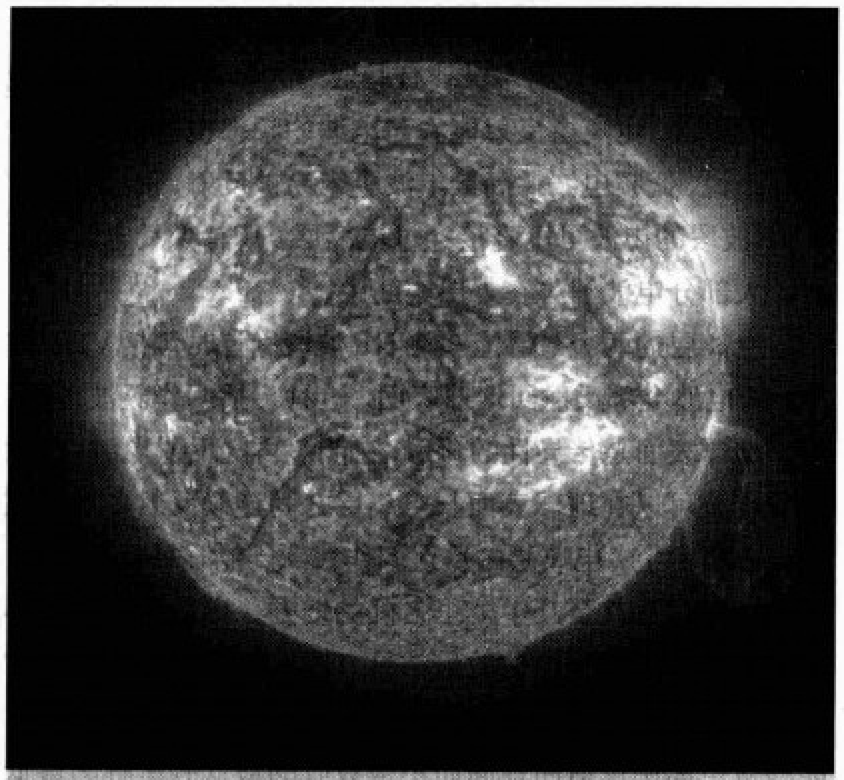
传播是一种奇妙、古怪的现象，充满了惊奇与神秘。例如6m波段，它在春季和冬季中期会突然开放（也就是传播性能由坏变好），此时可以进行上千公里的远程通信。在无线电技术上，这种传播突然开放的现象叫作电离层散射现象。形成这一现象的原因，科学家提出了一些理论，但至今为止还没有能够证实。

移动的电波

从天线发射出来的无线电波，沿着直线传播，除非中途发生反射或衍射，否则一直保持直线状态，从这点看，电波与光波非常相似。当然，光波在频率上比电波高许多倍。另外一个与光波相似的特点是：电波传播越远，强度越小。由于电波会在中途扩散，或者在中途被某些物质吸收，电波最终会变得极其衰弱，以至于任何电台都无法接收到它。一个电台如果能够收到另一个电台的电波，那么两者之间的距离叫作有效距离。

如果发射天线与接收天线互相可以看到，电波在两者之间直线行进，那么这种传播叫作视线传播。绝大多数VHF/UHF通信是视线传播。增加天线的高度或者电台的功率，可以增加视线传播的有效距离。HF通信的电波也可以沿着地球表面行进，这种传播叫作地波传播。

> 传播是一种奇妙、古怪的现象，充满了惊奇与神秘。



太阳风暴（太阳黑子爆发）对短波波段有巨大影响。

电波在传播过程中，如果突然遭遇障碍物，将被反射到其他方向，这里所说的障碍物包括建筑物、山丘甚至大气中的某种气象变化。建筑物、山丘等障碍物会使电波衰减，这种现象在VHF/UHF通信时特别明显。此外，当电波经过建筑物、山丘的边缘时，有可能发生衍射或弯曲。从发射机发射出来的电波，经由不同的路径，最终抵达接收机时，如果这些电波的相位不同，它们很可能互相干扰，这种现象在技术上称作多通道现象。从电台发射出来的电波，如果经过一个存在多通道现象的区域，那么电波的强度会发生明显变化，我们将这种变化称作电波的运动性颤动。

VHF/UHF波段的传播受到一些大气现象的影响，包括冷锋、热锋、逆温等，这种依赖于大气现象的传播叫作同温层传播。此外，电波还会被大气中的某些运动物体反射，包括飞机、流星轨迹、极光等。这些运动物体能够将电波反射到几百甚至几千公里之外的地方，我们可以利用反射电波，与远方的火腿进行短暂的远程通信，而这种远程通信在视线传播情况下是不可能完成的。事实上，世界各地的许多

火腿每天都利用反射电波进行远程通信。

电离层

电离层位于大气层之上（那里空气相对稠密），外层空间之下（那里几乎没有空气）。电离层到地面的距离，最近50km，最远400km。在这个广大空间里，氧原子和氮原子受到太阳紫外线的强烈照射。紫外线的能量非常强大，足以生成带正电的离子和带负电的电子。离子和电子最终形成了地球上方的弱导电空间——电离层。

由于大气结构方面的原因，电离层又分为4个较薄的层，由低到高依次叫作D层、E层、F1层和F2层。随着昼夜的转换和太阳辐射强度的变化，有些层（例如E层、F1层和F2层）能够反射电波，有些层（例如D层和E层）能够吸收电波。电离层反射能力与电波的频率也有很大关系。一般来说，低频电波比高频电波更容易被反射，例如VHF/UHF波段的电波可以直接穿过电离层，只有少量电波被反射，大部分电波消失在外层空间中。

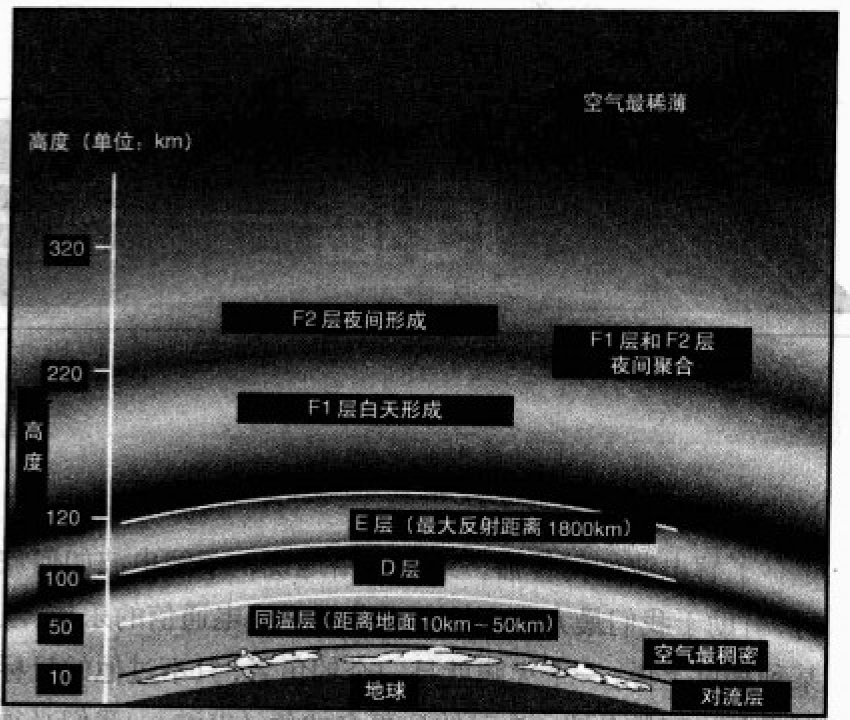
电离层的两个F层能够将HF波段（有时包括VHF波段）的电波全部反射回地球表面，这种传播叫作天波传播。由于地球表面是传导性的，因此它能够再次反射电波。这意味着电波可以在地球表面与电离层之间连续反射多次。在无线电技术上，电离层的反射叫作跳跃，电波每跳跃一次，可以抵达几百甚至几千公里之外的地方。电波跳跃是世界各地火腿进行远程通信的最常见方式。能够被电离层反射回地面而不被吸收的最高频率称为最高可用频率（MUF），能够被电离层反射回地面而不被吸收的最低频率称为最低可用频率（LUF）。

当地面上的两个火腿可以通过天波传播方式，在某个波段上进行远程通信时，我们称这个波段是开放的，否则，我们称这个波段是关闭的。由于电离层的形成依赖于太阳辐射，因此地球上白昼地区上空的电离层，不同于黑夜地区上空的电离层。这意味着在一些方向上，传播是开放的（俗称有传播），而在另外一些方向上，传播是关闭的（俗称无传播）。地球的旋转和季节的交替可以导致某个地方有传播或者无传播，这使远程通信变得更加复杂，但也更加有趣！

VHF/UHF爱好者也经常遇到令人振奋的天波传播。当太阳辐射异常强烈的时期，例如每隔11年一次的太阳黑子最活动时期，两个F层能够将VHF电波反射回地面，此时，火腿可以在VHF波段进行远程通信，而在平常时期，这种通信是根本不可能实现。在太阳黑子活动时期，电离层E层的部分区域发生电离，可以将VHF/UVH电波反射回地面，这就是我们前面提到的分散E层现象。

短波波段的传播

短波波段分为9个允许火腿使用的波段，每个波段都有自己的特点。每一个新火腿都应当了解波段，主要原因有两个：



电离层由4个较薄的层组成，分别是D层、E层、F1层和F2层，其中D层最低。

第一，不同等级的火腿，允许使用的波段是不同的，等级越高，波段越多，等级越低，波段越少。许多国家都规定，初级火腿只能使用UHF和VHF通信，中级火腿可以使用HF的部分波段通信，高级火腿可以使用HF的所有波段通信。我国新入门的四级火腿只能使用UHF、VHF以及HF中很小一部分波段通信，见附表。

第二个原因与购买电台有关。市场上出售的电台，大致分为3种：UHF/VHF电台、HF电台和UHF/VHF/HF电台。适合新火腿购买的手持电台或车载电台，大部分是UHF/VHF电台（价格相对较低），小部分是UHF/VHF/HF电台（价格相对较高）。另外，UHF/VHF电台又分为两种：只有UHF或者只有VHF的单波段电台（价格相对较低），以及同时包括UHF和VHF的双波段电台（价格相对较高）。新火腿应当根据自己的等级与支付能力，购买适当波段的电台。

40m波段：7 MHz～7.1MHz

40m波段是一个过渡性波段，它兼有低频HF波段和高频HF波段的特点。

在白天，这个波段可以进行800km左右的远程通信，许多火腿每天上午在这个波段聚集，闲聊各种事情。此外，还有所谓火腿网（火腿们讨论特定话题的网络）也利用这个波段，在白天进行活动。

进入夜间之后，40m波段对全世界开放。CW爱好者可以在这个波段的下方进行全球范围的远程通信。SSB爱好者也喜欢这个波段。这个波段有短波广播电台的严重干扰，这些大功率的干扰信号严重妨碍了世界各地火腿的语音通信。

各个等级火腿可以使用的频率（单位：MHz）

一级	二级	三级	四级
1.800～2.000	1.800～2.000		
3.500～3.750	3.500～3.750	3.570～3.590 3.700～3.750	
3.750～3.900	3.750～3.900	3.840～3.860	
7.000～7.100	7.000～7.100	7.050～7.075	
10.100～10.150	10.100～10.150		
14.000～14.350	14.000～14.350	14.250～14.350	
18.068～18.168	18.068～18.168		
21.000～21.450	21.000～21.450	21.100～21.200 21.300～21.450	
24.890～24.990	24.890～24.990		
28.000～29.700	28.000～29.700	28.100～28.500 29.200～29.300 29.550～29.700	29.200～29.300 29.550～29.700
50.000～54.000	50.000～54.000	50.000～54.000	50.000～54.000
144.000～148.000	144.000～148.000	144.000～145.800	144.000～145.800
430.000～440.000	430.000～440.000	430.000～440.000	430.000～435.000 438.000～440.000

20m 波段：14 MHz～14.350MHz

20m波段最适合远程通信，是远程通信爱好者的最爱。在白天的任何时候，在世界的任何角落，20m波段都是开放的。在太阳黑子活动（每11年一个周期）的高峰期间，这个波段夜间也开放，而在低峰期间，一般日落之后，这个波段就关闭。下次高峰期间大约在2010年。

在20m波段，你可以找到所有的通信模式。这个波段的高端部分大多是SSB通信，你必须花费一些时间（尤其是周末），才能在14.225MHz～14.350MHz之间找到一个无人使用的可用频点。这个波段的底部专门用于CW通信。远程通信爱好者经常在14MHz～14.050MHz之间搜寻远方的信号。QRP（低功率）CW通信通常使用14.060MHz这个频点。此外，在14.065MHz～14.120MHz之间，可以听到数字通信。

15m 波段：21 MHz～21.450MHz

15m波段是白天开放的波段。在太阳黑子活动的高峰期间，这个波段从上午开放，一直延续到天黑之后的几个小时。在这个波段上，你可以找到SSB和CW通信，不过大部分是SSB通信。此外，数字通信在这个波段上也相当活跃。

10m 波段：29MHz～29.700MHz

在太阳黑子活动的高峰期间，10m波段是最热门的远程通信波段之一。进入高峰期间之后，电离层对10m电波的吸收明显减弱，反射明显增强。电离层会将10m电波反射到几千公里之外的地方。在这个期间，甚至连QRP（低功率）电台都可以轻松地进行远程通信。

进入低峰期间之后，10m波段的通信明显减少。事实上，许多火腿都认为在低峰期间，这个波段不值得再使用。这是一个夸张的看法。在低峰期间，你可能无法进行全球范围的远程通信，但进行几百公里的短程通信还是没有问题的。

在10m波段开放期间，你最好在白天通信。这个波段通常是上午开放，傍晚关闭。在这个波段上，有大量的SSB通信集中在28.300MHz～28.500MHz之间。这个波段的顶部，也就是29.500MHz～29.700MHz，专门用于FM通信。

2m 波段：144 MHz～148MHz

2m波段通常只能进行本地通信或区域通信，但电离层散射现象可以改变这个波段的传播。

天气情况对2m波段有很大的影响。气象学上的冷锋和热锋能够使这个波段的传播突然开放，此时可以进行几百公里（甚至更远）的通信。

另外，许多火腿喜欢在2m波段上进行流星余迹通信和极光通信，事实上，2m波段是最常用的流星余迹通信波段。

70cm 波段：420 MHz～450MHz

现在我们进入UHF波段。这个波段不会受到电离层散射现象的影响，只受本地天气的影响。在大多数时间里，这个波段非常安静，随时可以进行本地通信。当气象学上的冷锋、热锋抵达本地时，你应当竖起耳朵，仔细监听，因为在两种气候条件下，70cm波段的传播有可能开放，你可以与几百公里之外的火腿通信。此外，气温的变化也可能导致这个波段的传播开放。

1200MHz 及其以上波段

1200MHz及其以上波段属于微波波段。在微波波段，通常只能进行视距通信，但你不要认为这个波段不能进行远距离通信。天气变化对这个波段有显著影响。在更高的微波波段，例如10GHz，电波信号甚至可以被雨滴反射。

关注太阳的变化

如果你准备长期在50MHz以下波段通信，那么你一定要关注太阳的变化。一些业余无线电网站，例如著名的DX Summit(oh2aq.kolumbus.com/dxs/)会定期发布地球磁场报告，而地球磁场受到太阳的直接影响。地球磁场越活跃，短波波段的传播越不稳定。当地球磁场的活动达到高潮时，HF波段的传播很可能完全中断，你的电台可能成为毫无用处的摆设！

关注天气的变化

如果你喜欢VHF/UHF/微波波段的远程通信，那你一定要经常抬头看看天空，或者说经常关注天气预报。地球上的所有天气变化都发生在对流层中，而对流层恰好是我们进行144MHz及其以上波段远程通信的空间。

在比较温暖的月份里，当冷锋抵达之前，当地会出现稳定的高压天气。在这种地区，VHF/UHF波段的传播会突然开放，我们称为同温层传播，同温层传播可以帮助我们将VHF/UHF信号发送到上千公里之外（甚至更远）的地方。

让你的声音出现在短波(HF)波段

在电台安装、调试完毕之后，你的第一件事可能就是开始通信。但我们认为，第一件事不应当是举起话筒，而应当是花几个小时的时间，收听其他火腿的通信。你应当去各个波段，你可以在这些波段上听到许多火腿的通信。你应当在熟悉通信步骤、通信用语、通信礼节，没有任何问题之后，再举起话筒，开始通信。

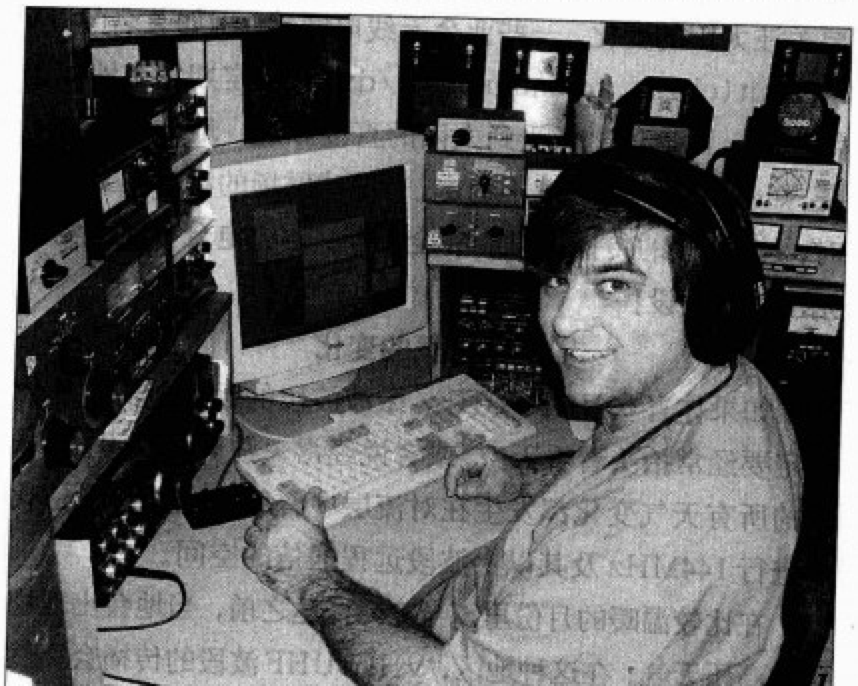
你的电台手册很可能会介绍如何进行语音通信。如果没有介绍，那么你可以看看下面5条基本规则。

■正确使用电台的话筒。你应当把话筒放在离嘴唇大约2cm～3cm的地方，不要太远，也不要太近。要用正常声调说话，不要拿腔拿调。

■许多电台都有ALC表(自动电平控制表)。试着说话，观察ALC表的显示结果。

■火腿通常按下话筒上的发射按钮（俗称PTT按钮），将电台由发射状态转换为接收状态，或者由接收状态转换为发射状态。

■许多电台都有VOX（声控开关）功能。如果启动VOX功能，那么只要你一说话，你的声音就会自动将电台由接收状态转换为发射状态。如果使用得当，这确实是一个很好的功能。



兰迪（K5ZD）正在参加通信竞赛。

■许多电台都有语音处理（又称语音压缩）功能。简单地说，这个功能用来提高SSB通信的平均输出功率。

当你的语音信号比较弱时(例如进行低功率通信，或者天线性能不好)，语音处理功能非常有用。不过天下没有免费的午餐，语音处理功能会使你的语音失真，有时甚至是非常严重的失真。如果你决定启动语音处理功能，请将它设置为中级，并且请其他火腿报告你的语音信号的质量。如果其他火腿告诉你，你的语音失真严重，你必须降低现有的语音处理功能。

下面是一个典型的单边带通信（SSB）呼叫：

[英]CQ CQ CQ. This is AD5UAP, Alfa-Delta-Five-Uniform-Alfa-Papa, calling CQ and standing by.

[汉] CQ CQ CQ。这里是AD5UAP，Alfa-Delta-Five-Uniform-Alfa-Papa，呼叫CQ，等待应答。

请注意，在上面的例句中，火腿在报告自己的呼号(AD5UAP)之后，又用语音字母表再次报告了一遍。在短波通信中，我们经常使用语音字母表，让对方火腿听清我们的呼号，例如用Alfa代替A，用Bravo代替B，等等。当对方火腿听不请你的呼号时，或者对方火腿不太懂英语时，语音字母表就显得特别有用。

火腿不要使用自己发明的语音字母表。例如，有些火腿将AD5UAN这个呼号读成Alpha-Delta-Five-Up-All-Night。这个读法虽然很有趣（意思是AD5呆了一整夜），但对方火腿很可能听不懂，无法记录下这个呼号。

如果其他火腿正在呼叫CQ，你决定应答，请尽量让你的应答简短一些。你可以将对方呼号重复两遍，然后报告你自己的呼号，例如：

[英] N2EEC N2EEC, this is AB2GD, Alfa-Bravo-Two-Golf-Delta.

[汉] N2EEC N2EEC，这里是AB2GD，Alfa-Bravo-Two-Golf-Delta。

标准的语音字母表		
A – Alfa	J – Juliet	S – Sierra
B – Bravo	K – Kilo	T – Tango
C – Charlie	L – Lima	U – Uniform
D – Delta	M – Mike	V – Victor
E – Echo	N – November	W – Whiskey
F – Foxtrot	O – Oscar	X – X-ray
G – Golf	P – Papa	Y – Yankee
H – Hotel	Q – Quebec	Z – Zulu
I – India	R – Romeo	

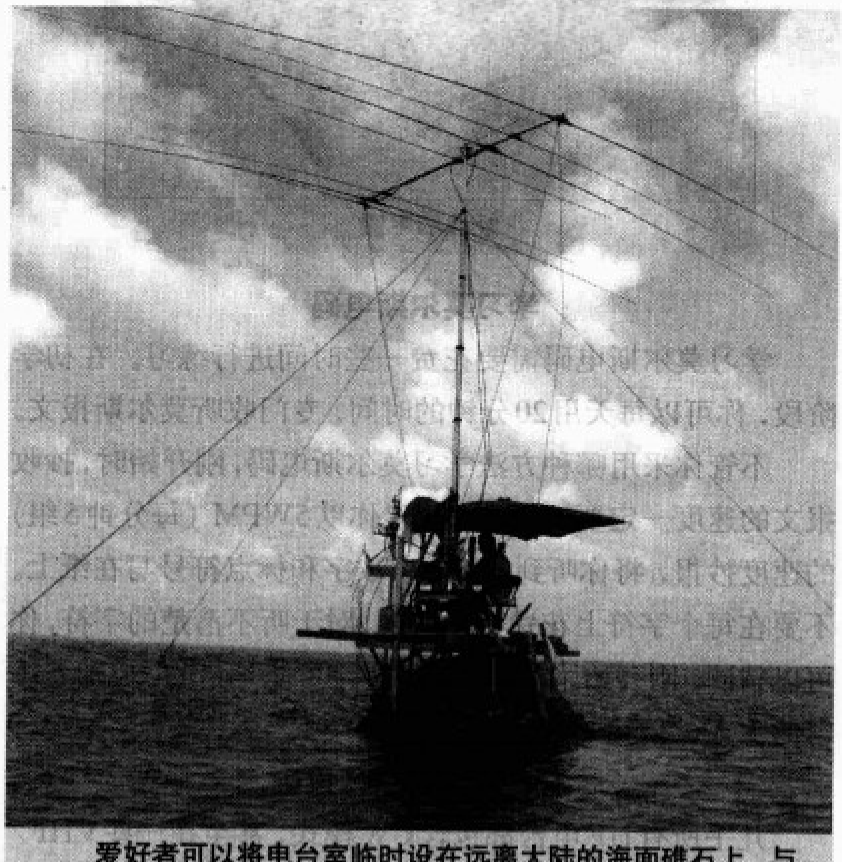
简短的通信

火腿们喜欢交谈，但在有些时候，他们应当让交谈尽可能简短。

例如，与你通信的火腿并不掌握英语，他是通过朗读已经写好的英语句子来进行通信的，他不可能与你进行深入的交谈。在你呼叫某个火腿之前，你最好听一听，如果你发现他只进行简短的对话（说完信号报告之后就说再见）。那他很可能不懂英语，你应当与他进行简短的通信。

当一个特别稀有的远距离通信（DX）电台遭遇呼叫拥挤（pile up）时，让通信时间尽可能简短，就显得格外重要。所谓呼叫拥挤，简单地说，就是一个DX电台用尽可能快的速度，与尽可能多的电台通信，此时，你可以听到无数火腿纷纷呼叫，试图得到这个DX电台的应答。如果你很幸运，你的呼叫被DX电台听到了，那你一定要用最快的速度，将最基本的两个信息——你的信号报告和你的地理位置——报告给对方。千万不要试图与DX电台交谈，因为DX电台实在没有多余的时间。如果你非要交谈，将会引起DX电台和其他火腿的公愤。

加入正在进行中的通信



爱好者可以将电台室临时设在远离大陆的海面礁石上，与世界各地的DX爱好者联络

如果你不想呼叫CQ，开始一个新的通信，你也可以加入某个正在进行中的通信。请记住：在业余无线电波段上，没有私人通信，所有通信都是公开的，任何火腿都可以加入双人通信中，使通信成为三人通信。

阿兰（K6SRZ）是库雷岛（一个极小的太平洋岛屿）远征队的成员。库雷岛电台是一个稀有电台，是世界各地火腿的通信对象，阿兰的目标是与尽可能多的火腿进行通信。

加入某个正在进行中的通信，需要注意几个问题。在加入之前，你应当仔细听听正在通信的两个火腿究竟在谈论什么。他们是否正在热烈讨论某个复杂的问题？如果是的，那么你突然中断他们的谈话，强行加入进去，显得很不礼貌（除非你有特别重要的事情，需要让他们知道）。如果他们正在谈论某种电台存在的故障，而你恰恰熟悉这种电台，能够向他们提出建议，那你可以毫不犹豫地加入。

加入一个火腿网

如果有一批火腿，定期在某个频率上聚会，讨论他们感兴趣的话题，这就是火腿网。形成火腿网的原因有多种多样，例如你是建伍（Kenwood）电台的用户，那么很可能有一个Kenwood火腿网，如果你是业余卫星通信爱好者，那么很可能有一个AMSAT火腿网，等等。一些DX火腿网会组织成员与很难通信的稀有电台通信。火腿网的一项重要活动是信息交换，也就是将各种有用信息转发给世界各地的火腿。大部分火腿网都好像是客厅，火腿们聚集在一起，随便谈论他们感兴趣的任何话题。

一个火腿网由很多电台组成，如果没有一个控制者（主控台，英文缩写NCS），这个火腿网很可能会出现混乱。主控台相当于十字路口上的交通警察。主控台通常会在指定的时间，召集所有成员到频率上聚会。

莫尔斯电码与CW通信

什么是CW通信？专家可能会告诉你：使用莫尔斯电码的连续波无线电报。这个解释似乎有点深奥。事实上，世界各国的火腿用两个字母CW（连续波的缩写）来表示这种无线电报。

CW是最古老的无线电通信模式，它的原理是依照约定的编码系统，让一个信号以固定的间隔，反复开启、关闭。对火腿来说，这里所说的编码系统就是莫尔斯电码（Morse code），它是由萨缪尔·莫尔斯在150年前发明的。

萨姆（萨缪尔的昵称）是一个不断遭遇挫折的天才，他一直向人们介绍他的发明，最终引起人们的关注。萨姆最初的疯狂想法是：让信息以光速在电缆上传送（无线电传送则是50年以后的事情），他相信，只要让电流时断时续，就能实现这个目标。萨姆认为，可以用较短的电流脉冲信号（嘀）和较长的电流脉冲信号（嗒）来组成一个编码。根据这个想法，萨姆为26个英文字母、10个阿拉伯数字和少量标点符号建立了编码，这就是今天的莫尔斯电码。

由于莫尔斯电码的简单性，它特别适合无线电通信。早期的无线电先驱们使用非常原始的设备，他们恰好需要一种非常简单的方法，以便将信息发送出去。还有什么方法比时断时续的莫尔斯电码更简单呢？

今天的CW

曾经有一段时间，CW在业余无线电通信的位置是非常重要的。但在第二次世界大战之后，随着语音通信模式（AM/FM/SSB）的普及，CW开始衰落。数字通信模式出现之后，CW进一步衰落。

尽管如此，CW仍然被一些顽固的火腿所喜爱，主要原因有4个：

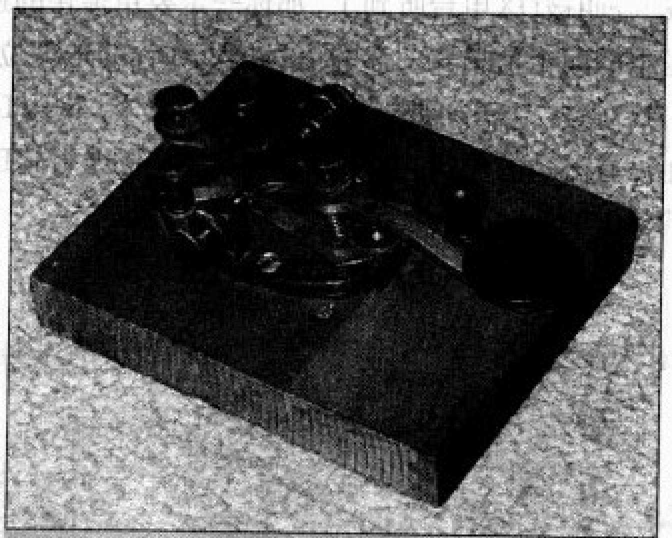
■在传播状况很差，语音通信无法进行，数字通信很难进行的时候，CW信号依然可以听到。

■与语音电台和数字电台相比，CW电台容易设计，容易制作。

■与数字通信不同，CW通信不需要计算机来解码。事实上，CW是唯一一种能够在传播很差的情况下，不依赖于计算机也能正常工作的通信模式。

■CW信号的频率利用率非常高，换句话说，CW通信只占用很少的带宽。

与掌握一种乐器或者一门外语一样，掌握莫尔斯电码也需要一定的技巧。你必须努力，才能学会莫尔斯电码，在此之后，你必须更加努力，才能达到熟练拍发莫尔斯电码的程度。CW爱好者可能会告诉你：努力是值得的，将来必有回报。莫尔斯电码可以带你进入一个充满乐趣的世界，而大部分人无法进入其中。



经典的电键

学习莫尔斯电码

学习莫尔斯电码需要花费一些时间进行练习。在初学阶段，你可以每天用20分钟的时间，专门收听莫尔斯报文。

不管你采用哪种方法学习莫尔斯电码，刚开始时，抄收报文的速度一定要慢。我们建议你以5WPM（每分钟5组）的速度抄报，将你听到的字母、数字和标点符号写在纸上。不要在每个字符上花费太多时间，对于听不清楚的字符，你可以猜测。刚开始，许多猜测的字符可能是错的，但随着练习的深入，猜错的字符会越来越少。

准备好你的CW设备

几乎所有HF电台都包含CW模式，甚至在一些VHF/UHF电台上，也包含CW模式。如果你想进行CW通信，

莫尔斯电码

· = 嘀　— = 嗒

■字母

A ·—	H ····	O ———	V ···—
B —···	I ··	P ·——·	W ·——
C —·—·	J ·———	Q ——·—	X —··—
D —··	K —·—	R ·—·	Y —·——
E ·	L ·—··	S ···	Z ——··
F ··—·	M ——	T —	
G ——·	N —·	U ··—	

■数字

1 ·————	6 —····
2 ··———	7 ——···
3 ···——	8 ———··
4 ····—	9 ————·
5 ·····	0 —————

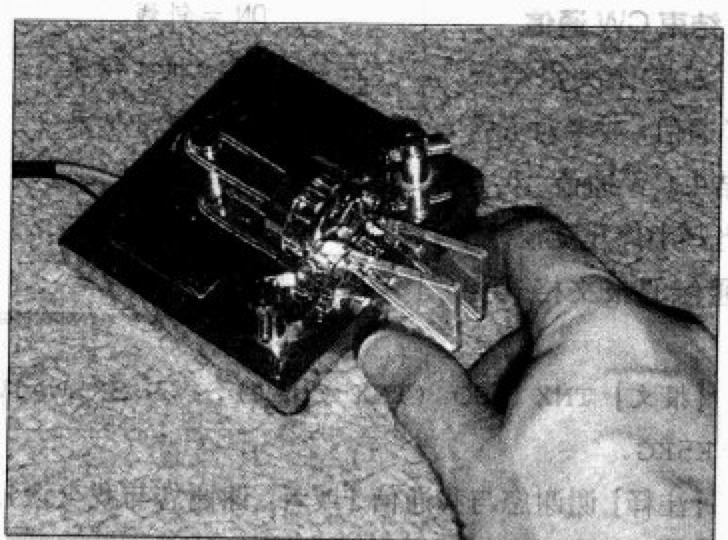
■标点符号

句号（。）	·—·—·—
逗号（，）	——··——
问号（？）	··——··
冒号（：）	———···
连字号（—）	—······—
斜线（/）	—··—·
@符号	·——·—·
错误	········

你只需要有一个能够拍发莫尔斯电码的设备。

拍发莫尔斯电码的最基本设备是手工电键，它的历史与莫尔斯电码一样长。使用手工电键可不是一件容易的事，你必须经过长期的练习，才能拍发出流畅、平滑的莫尔斯电码。大部分火腿能够用手工电键以15WPM的速度拍发，少数火腿能够以更高的速度拍发。

发送莫尔斯电码的最常用设备是自动电键，它由两片对称的类似船浆的键体组成。一旦掌握自动电键的用法，你能够以令人惊讶的高速度拍发莫尔斯电码，此时你的两个手指仿佛是在键体上跳舞！



这张照片显示了自动电键的操作者如何将两个手指放在键体的两侧。键体设置好之后，用拇指按下左边的键体，拍发"嗒"信号，用食指按下右边的键体，拍发"嘀"信号。

开始CW通信

开始CW通信的最好办法是在某个波段上，慢慢旋转调谐旋钮，直到听到某个火腿用莫尔斯电码呼叫CQ的声音"嗒嘀嗒嘀，嗒嗒嘀嘀"。CQ的意思是：我想与任何一个业余无线电台通信。老火腿都熟悉CQ的电码声音，它似乎有一种永远不会搞错的特殊节奏。

在应答对方之前，你应当精确调节你的电台频率，与对方电台"零差频"（zero beat）。一般来说，你的发射频率与对方的发射频率并不完全一致，零差频的意思就是让两个频率尽可能接近。这样做，不仅可以让两个信号彼此接近，更重要的是，可以让对方听到你的应答。有一些电台安装了窄带接收滤波器，如果对方使用了这个过滤器，而你的发射频率与对方的发射频率有几百赫兹的误差，那么对方很可能听不到你的应答。

万一波段上没有人拍发CQ，你也可以自己拍发CQ，然后等待其他火腿应答。拍发CQ的标准格式是：

CQ CQ CQ DE KD4AEK KD4AEK KD4AEK K

最后的字母K表示你希望波段上的任何一个火腿应答你。如果没有人应答你，你可以稍等10或20秒，再次拍发CQ。如果你的电台有内置的窄带接收过滤器，那么在你拍发CQ时，最好将它关闭，以免听不到其他火腿的应答。千万不要在对方正在呼叫CQ时，急忙应答，那将使你的发送信号与对方的发送信号重叠在一起。

如果你听到有人呼叫CQ，你最好听到最后的字母K，确信对方已经拍发完毕，再应答对方。为了让应答简短，你可以这样拍发：

K5RC K5RC DE K3YL K3YL AR

最后的AR表示应答结束。假设K5RC听到你呼叫他，但由于干扰，听不清你的呼号，他可能这样反问：

QRZ? DE K5RC K

意思是：谁在呼叫我？这里是K5RC。

Q代码

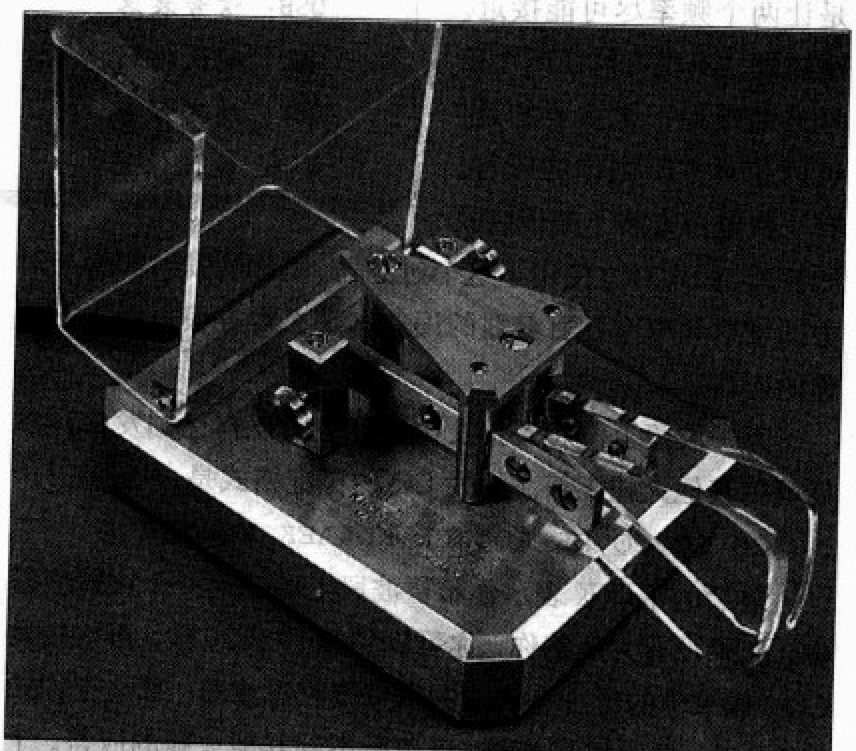
CW操作者使用Q代码（以Q开头的三字母代码，又称Q简语）来迅速传达某个信息。Q代码特别适合在与不懂英语的火腿通信时使用。虽然Q代码主要用于CW通信，但在语音通信中，也可以听到火腿使用它。下面是一组常用的Q代码。

QRL：频率繁忙
QRM：干扰信号
QRN：静态噪音
QRO：增加功率
QRP：降低功率
QRS：低速发送
QRT：停止发送
QRX：稍等片刻
QSB：信号衰落
QSL：确认收到
QSY：改变频率
QTH：地理位置

CW缩略语

CW操作者经常使用各种各样的缩略语，以提高CW通信的效率。下面是一些常用的CW缩略语，你很可能在频率上听到过。

ADR = address（地址）	GN = good night（晚安）	RIG = station equipment（电台设备）
AGN = again（再次）	GND = ground（接地）	RPT = report/repeat（报告或重复）
BK = break（中断）	GUD = good（好）	SK = end of transmission（通信结束）
BN = been（是）	HI = laughter（笑）	SRI = sorry（抱歉）
C = yes（是的）	HR = here（这里）	SSB = single sideband（单边带）
CL = closing（关闭）	HV = have（有）	TMW = tomorrow（明天）
CUL = see you later（再见）	HW = how（怎样）	TNX/TKS = thanks（谢谢）
DE = from（从）	N = no（没有）	TU = thank you（谢谢你）
DX = distance（远距离）	NR = number（数字）	UR = your（你的）
ES = and（和）	NW = now（现在）	VY = very（很）
FB = fine business（良好通信）	OM = old man（老火腿）	WX = weather（天气）
GA = go ahead（请继续）	PSE = please（请）	XYL = wife（妻子）
GB = good bye（再见）	PWR = power（功率）	YL = young lady（年轻女士）
GE = good evening（晚上好）	R = roger（收到）	73 = best regards（致意）
GM = good morning（早上好）	RCVR = receiver（接收机）	88 = love and kisses（喜爱与亲吻）



这是一个制作精良的自动电键。

CW通信开始之后

与其他HF通信一样，CW通信也以交换基本信息开始，包括交换名字、地理位置、设备、信号报告、天气报告等。交换基本信息之后，双方可以谈论任何话题。有时候，你会发现对方不善交谈，此时你应当寻找话题，将对方带入交谈中。寻找话题的最好办法就是问对方各种问题，例如：问对方是什么职业？如果对方是医生，问他在哪家医院，是内科、外科还是其他科，等等，总之就是设法让对方介绍自己。如果问题得当，那么两人很容易进行交谈

在通信过程中，如果你希望与对方的交谈不被第三方的插入所干扰，那么每句报文最好以KN结尾，而不是以K结尾（KN的意思是只请对方回答）。如果你不介意第三方插入，那么每句报文应当以K结尾。在你与对方交谈过程中，你不需要在每句报文中都加入你和对方的呼号，那样做会浪费许多时间。

双字母短语

双字母短语（prosign）由两个字母组成，例如前面提到的AR。在拍发时，两个字母中间没有间隔，连续拍发，就好像是一个字母，例如.－.－.(AR)。下面是几个常用的双字母短语。

AS＝等待

DN＝斜线

AR＝报文结束

SK＝通信结束

BT＝中断

KN＝轮到你了

CL＝关闭电台

结束CW通信

如果你决定结束CW通信，或者对方希望结束CW通信，双方应当马上停止交谈。结束通信的报文格式如下：

[报文] TNX QSO (TNX CHAT). 73 SK WA1WTB DE K5KG.

[注释] 谢谢您与我通信（或者：谢谢您与我交谈）。向您致敬，结束通信。WA1WTB DE K5KG。

如果结束通信之后，你将关闭电台，那么你应当在报文后面（也就是你的呼号K5KG后面）加上一个CL。

数字通信的世界

火腿并不仅仅使用语音或莫尔斯电码进行通信。今天，数字化技术日益普及，而在此之前的几十年里，人们一直利用各种方法，来交换数字信息。事实上，在业余无线电领域，数字通信的历史远远长于互联网。

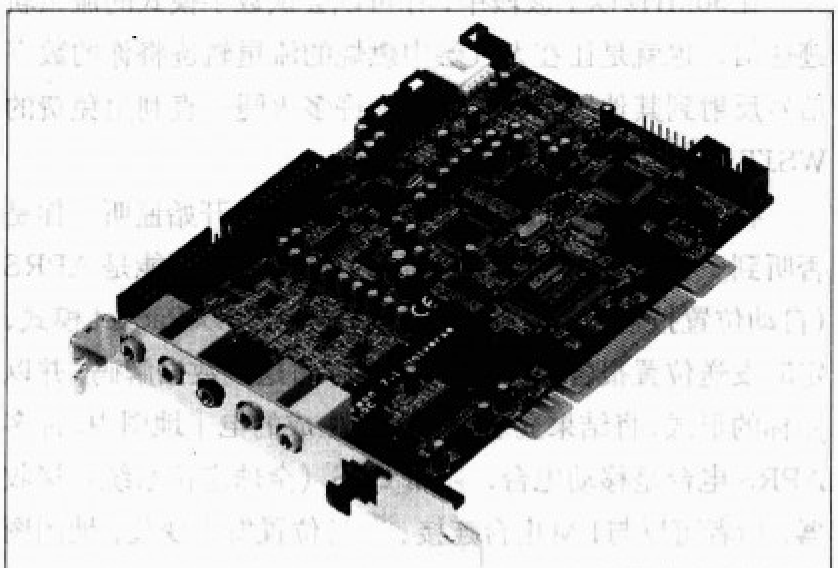
火腿们利用数字通信模式，进行类似于网上即时通信或网上聊天室的短时对话。大部分数字通信模式用于交换文字，小部分用于交换图像。

绝大多数数字通信模式都依赖于一个硬件：计算机的声卡。关于声卡，有一个好消息，那就是绝大多数计算机都有声卡，要么是单独安装的外置声卡，要么是镶嵌在主板上的内置声卡。只要有一块声卡，有一个相关软件，再有一个简单的计算机／电台接口，你就可以在频率上进行数字通信了。你只要简单地改变一下软件的设置，就可以轻松地从一种数字通信模式转换到另一种数字通信模式。

下面让我们介绍5种常见的数字通信模式。

■ **RTTY（无线电传打字）是数字通信模式的鼻祖。** RTTY诞生于第二次世界大战结束后，在随后30多年里，一直是业余无线电唯一的数字通信模式。虽然RTTY已经失去垄断地位，但它今天依然是数字通信和数字通信竞赛的常用模式之一。

■ **Packet（无线电分组数据交换）** 诞生于上个世纪70年代初期，但直到80年代中期，才得到广大火腿的喜爱。这种方式的最大优点是能够检错，特别适合用来交换无差错的数据，包括二进制数据（图像、软件等）。在HF波段上，可以听到少量Packet通信，大部分Packet通信是在VHF/UHF波段上进行的。



数字通信的核心是一块计算机声卡。

■ **PACTOR是唯一一种需要专门硬件设备的数字通信模式**（其他模式只需要声卡）。PACTOR是1991年首次出现在通信舞台上的。PACTOR的最大特点是将Packet的一些优点（例如传送二进制数据的能力）与完善的纠错技术结合起来。PACTOR目前有三个版本：I、II、III。如果你打算在HF波段上进行邮件通信或其他数据通信，那么PACTOR是最好的通信模式。

■ **PSK31与RTTY很相似，是RTTY最亲密的表兄。** PSK31没有纠错能力，但有出色的弱信号性能（即使信号很弱，也能正常通信）。许多火腿利用PSK31模式进行临时通信。在PSK31模式下，即使用很低的功率（例如5W）和很短的天线，也可以进行通信。一些PSK31爱好者用20W功率和房顶阁楼内的简易天线，成功地与世界各地的火腿进行了通信。

■ **SSTV（慢扫描电视）** 最初并不属于数字通信模式。在传统的SSTV模式中，SSTV信号由音频信号组成，而音频信号并不包含数字编码。最新的SSTV模式经过改进，属于数字通信模式。

建立你的数字通信电台

几十年前，如果你想进行数字通信，你只能选择RTTY

用MixW（一个常用的声卡软件）接收到的SSTV图像。

模式，但前期准备工作非常繁琐。你必须腾出一个房间，以便放置庞大的机械式电传打字机；你需要给电台安装一个专门的接口设备，以便控制电传打字机；最后，你还需要准备一台示波器，以便调谐信号。开始通信之后，你必须在电传打字机的笨拙键盘上录入报文，而对方电台的报文会打印在黄色记录纸上。

幸运的是，今天的个人计算机与微处理器技术可以让我们轻易地建立自己的数字通信电台。唯一的工作，就是在计算机的数字设备与电台的模拟设备之间架设一座桥梁。

数字/模拟转换

计算机中的数据是以电压的形式存在的，5V 电压可能表示二进制1，0V 电压可能表示二进制0。但是电台不可能传送这种不断变化的电压，除非有专门的辅助设备。

对于数字通信来说，这里的辅助设备就是调制解调器(modem)。调制解调器从计算机中接收二进制数据，然后转化为经过调制的音频信号，最后通过电台发送出去。音频信号的振幅、频率、相位等都可以改变。

将声卡作为数字调制解调器

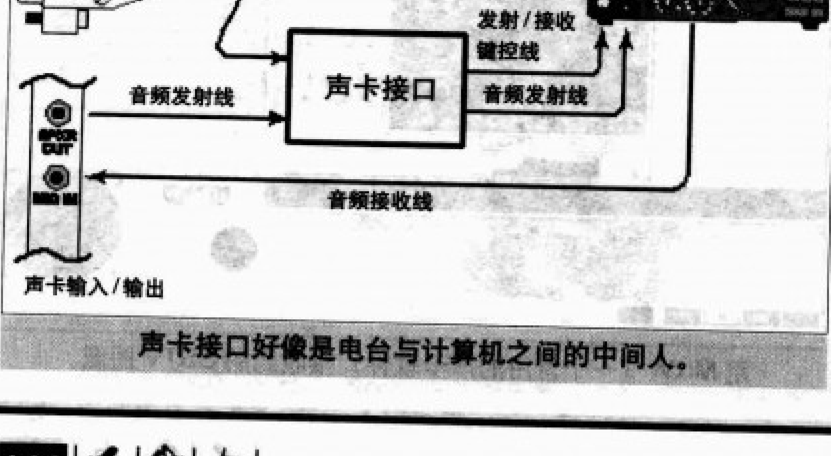
声卡能够做调制解调器所做的事：例如将数据转换为音频信号，或者将音频信号转换为数据。如果安装一个适当的软件，那么你的计算机将成为一个高性能的数字通信系统。

声卡接口

设置声卡是一回事，从声卡向电台输出音频信号(或者从电台向声卡输出音频信号)是另外一回事。为了在声卡与电台之间传送信息，你需要为计算机配备一个中介设备，这就是声卡接口。

数字电台

任何一种SSB 电台都可以当作 HF 数字电台，唯一的问题是输出功率。如果你想用HF电台进行数字通信，那么你必须降低输出功率。对于 50MHz 以上波段的数字通信，FM 电台是最理想的设备，尤其适合进行 Packet 通信。此外，在VHF/UHF波段可以进行更高级的数字通信，不过需要与D-Star 数字协议兼容的专门电台。如果你想了解



声卡接口好像是电台与计算机之间的中间人。

SCS公司的PACTOR控制器。这个设备不仅支持PACTOR模式，也支持其他几种数字通信模式。

D-Star 数字协议，请访问 www.icomamerica.com/amateur/dstar/。

PSK31是目前最流行的数字通信模式，特别是在HF波段上。当某个波段的传播开放时，你随时都可以听到PSK31信号。

PSK31 信号有一种很独特的声音，明显区别于其他数字通信信号，听起来有点类似于鸟鸣声。

如果空中正在进行通信竞赛，或者一个稀有电台出现在波段上，RTTY 很可能是你与他们通信的最好模式。如果你已经熟悉 PSK31，那么你很快就会熟悉 RTTY。

寻找 RTTY 电台的最好方式就是监听。你可以在14.070MHz～14.099MHz漫游，注意收听RTTY通信特有的冗长、单调声音（如果你听到的是某种颤音，那并不是RTTY 通信的声音）。

如果你熟悉了PSK31和RTTY通信，你可以继续探索，了解数字通信的更多乐趣。

你可以尝试一种图像通信模式——SSTV（慢扫描电视）。下载一个SSTV 软件，运行它，然后在14230kHz～14240kHz之间搜索SSTV信号（尤其是在周末）。如果找到SSTV信号，你可以在软件的显示窗口中，看到两个火腿互相发送的低分辨率图像。

你还可以尝试一些不常见的数字通信模式，包括Olivia、MFSK16 和 Hellschreiber。在14080kHz～14110KHz之间（以及其他波段），你偶尔会听到这些通信的信号。Olivia在弱信号环境中有出色的表现，正在受到越来越多火腿的欢迎。

在50MHz以上波段中，你可以尝试数字模式的流星轨迹通信，也就是让在大气层中燃烧的流星轨迹将你的数字信号反射到其他地方。事实上，许多火腿一直利用免费的WSJT 软件，进行流星轨迹通信。

将你的FM 电台调谐到144.39MHz，开始监听，你是否听到一些数字噪声？如果听到，那么这很可能是 APRS（自动位置报告系统）的声音。APRS 电台以 Packet 模式，定时发送位置报告数据。APRS软件将这些数据解码，并以图标的形式，将结果显示在计算机生成的电子地图中。许多APRS 电台是移动电台，附带 GPS（全球定位系统）接收器，后者可以与FM电台连接。一旦位置发生变化，地图图标马上可以更新。

弱信号和50MHz以上的世界

你可能经常用手持电台或车载电台在VHF/UHF波段通信。如果你的目光离开VHF/UHF波段，你会看到什么呢？VHF/UHF波段之外的世界究竟是荒无人烟的沙漠，还是充满生机的沃土？

答案取决于你的期望。如果你期望在这个世界里，无论什么时候打开电台，都能听到活跃的通信，答案会让你失望。如果你期望在这个世界里，有强大的电波，有清晰的信号，答案同样会让你失望。

但是，如果你喜欢在人迹罕见的小道上跋涉，或者在危机四伏的丛林中漫游，那么这个世界最适合你。

弱信号

你可能听到过一些老火腿谈论VHF/UHF波段的SSB/CW通信，他们经常提到的一个词就是弱信号。你不觉得这个词很有趣吗？弱信号究竟有什么吸引力呢？

弱信号可能会误导一些新火腿。你接收到的信号，通常已经在空中行进了很长的距离，它们的能量已经在中途消耗了许多。与本地FM中继台传来的强壮信号相比，这些来自远方的信号就是弱信号。你通常需要使用定向天线来接收弱信号，有时甚至需要使用接收放大器，来提高电台对弱信号的接收灵敏度。为什么一些火腿喜欢在VHF/UHF波段使用SSB/CW模式呢？因为它们是这两个波段中效率最高的通信模式。在信号强度比较弱的时候，你能听到SSB/CW信号，但听不到FM信号。

火腿在提到VHF/UHF通信时，总会想到视线这个词，因为VHF/UHF通信一般是在视线距离内进行的。弱信号的吸引力是它能够远远超过视线距离，达到很远的地方。当你在VHF/UHF波段监听时，你可能听到一片噪音，但是突然会传来一些奇怪的声音，好像是一个人正在低声细语，但你听不清他说的话。于是你转动天线，试图获得更强的信号。终于你能够听清他说的话了，让你大吃一惊的是，他竟然是1000km之外的火腿！这个遥远的信号很可能在几分钟之内消失，所以你必须抓紧时间，马上与对方通信。你的心砰砰地跳，你抓起了话筒，心里在想：对方能听到我吗？我能在对方消失之前，与他交换呼号和信号报告吗？

VHF/UHF波段的弱信号通信取决于你的电台和天线的质量，也取决于你的操作水平。当然，弱信号通信是比较困难的，但它也是一种值得迎接的挑战。如果很容易，还有什么乐趣呢？

进行弱信号通信往往需要更大的投资。为了接收弱信号，你需要购买比FM电台更贵的高级电台。

你能达到多远？

如果你是50MHz以上波段通信的新手，你肯定想知道在这些波段上，多远的通信距离算是正常距离。VHF波段的通信距离在很大程度上取决于天线的位置和电台的质量。例如有两部电台，一部是大功率电台，它的定向天线安装在30m高的铁塔上，另一部是10W电台，它的小天线安装在房顶上，毫无疑问，前者的通信距离要远远大于后者。

波段开放与DX通信

VHF/UHF通信的最大乐趣是：突然有一天，这两个波段临时开放，你接收到来自遥远地方的清晰信号，这些信号就好像是从邻居家中发射出来的一样。每年夏季，在6m波段上与1000km之外的DX电台通信，是很常见的事情。类似情况每年在144MHz、432MHz这几个波段上也会发生几次。

VHF/UHF波段的DX通信受到季节的明显影响。夏季和秋季是这两个波段最活跃的季节，当然春季和冬季也有波段开放的情况发生。下面我们介绍5种最常见的VHF/UHF传播。请记住：在这5种传播中，会有许多意外情况。没有两次波段开放是完全相同的。VHF/UHF通信具有很大的不确定性，这一点恰恰是许多火腿喜欢它的原因。

■ **对流层传播**。对流层传播是144MHz以上波段最常见的DX传播。对流层传播是由天气因素形成的，本地天气和地区天气对对流层传播产生各种影响，使对流层传播表现出多种形式。对流层传播通常只能覆盖几百公里的范围，但在特殊情况下，也可以短时间覆盖广大地区。一年之中对流层传播最好的时期是从春季到秋季，当然冬季有时也有良

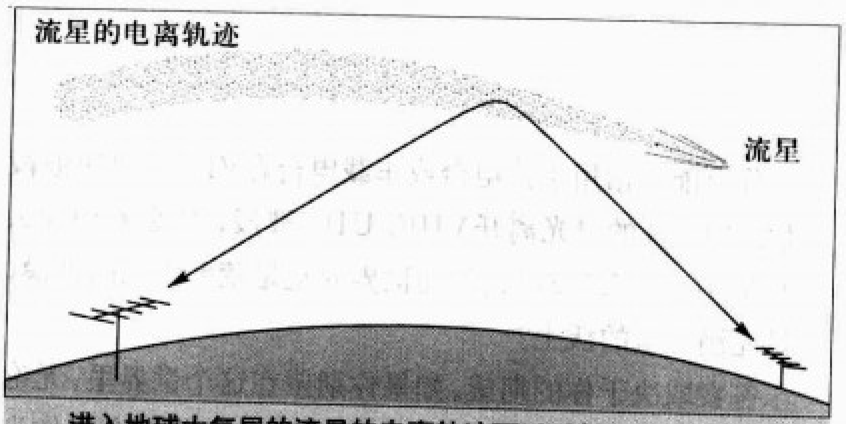
好表现。对流层传播开始的两个征兆是：夜晚的草地上出现露水，或者你所在的地方出现高压天气。

■ **流星轨迹传播**。流星轨迹传播是利用流星通过大气层时产生的电离轨迹进行的DX通信。VHF信号可以被流星轨迹反射到几百公里（甚至几千公里）之外的地方。通常使用6m和2m波段进行流星轨迹通信。流星轨迹的电离过程一般只持续几秒钟，由于时间极短，因此我们必须采用特殊的通信技术。

一年之中的任何时候都可能出现流星轨迹传播。在流星雨期间，特别是8月份的英仙座流星雨期间，特别适合进行DX通信。

■ **电离层散射传播**。电离层散射传播是50MHz波段上最重要的DX传播，每年6、7月下旬和8月上旬的每天都有可能出现。此外，在12月和来年1月也有可能出现。电离层散射传播通常在上午和傍晚日落之后各出现一次，不过也有例外情况，也就是说，它可能在一天之中的任何时刻出现。在2m波段上，每年也会出现一两次分散电离层传播。分散电离层传播是由于电离层E层的小面积电离而形成的。电离层散射层反射的电波信号通常都很强，但会在没有任何征兆的情况下突然衰落。当出现电离层传播时，你可以用一部50W电台和一副全向天线，在6m波段进行DX通信。

■ **极光传播**。极地的极光被充分电离之后，可以反射无线电信号，这就是极光传播。极光是地球将来自太阳的大量带电粒子截获而形成的。地球的磁场使这些粒子聚集在极地上空，粒子与大气层上方发生强烈作用，使空气变得炽热，于是我们看到了多彩的极光。极光好像是一扇形状不规则、不断运动的巨大帘幕，可以将无线电信号反射到几百公里之外的地方。



进入地球大气层的流星的电离轨迹可以反射VHF信号，其结果是你可以与几百公里或几千公里之外的某个火腿进行短暂的通信。

被极光反射的信号能够发出一种鬼嚎般的独特声音。在进行极光通信时，CW信号是一种低沉的嘶嘶声，SSB信号是一种刺耳的飒飒声，而FM信号通常用耳朵听不到。

■ **月球反射传播**。月球反射传播是最高级的VHF/UHF传播。地球上的两个火腿可以利用月球作为反射器，进行地球－月球－地球通信（EME）通信，这种传播就是月球反射传播。月球反射通信的距离仅仅受到地球直径的

如何捕捉流星

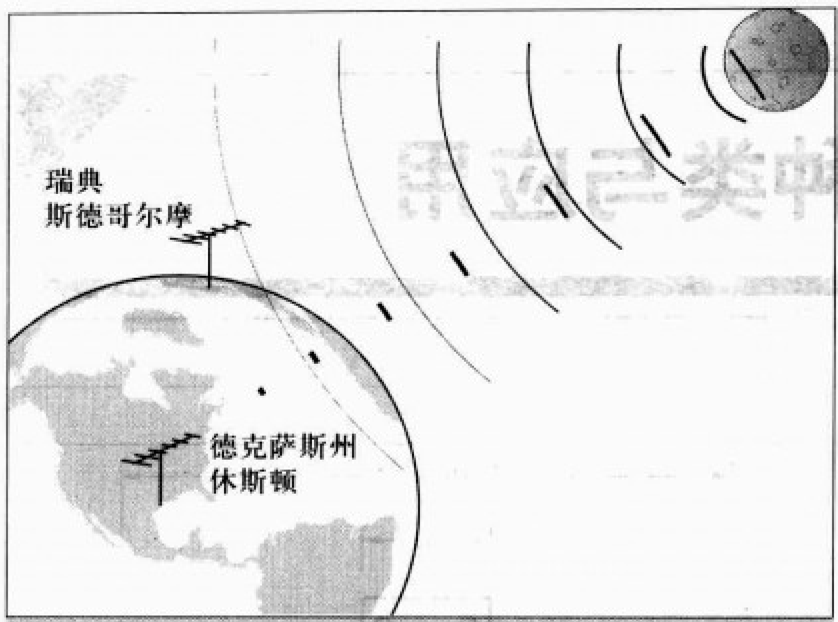
有一件事令人难以置信，那就是每天24小时都有宇宙残骸坠落到地球大气层中。地球每年收到几十吨的流星碎片。

一些流星的体积相当大。在一年之中的某些月份，流星特别多，这就是所谓的流星雨。每年最大一次流星雨是11月中旬的狮子座流星雨。当流星进入大气层之后，空气与流星剧烈摩擦，产生高温。高温使流星破裂，形成无数碎片，于是我们看到一条闪烁的轨迹。

流星燃烧产生的轨迹好像是一面镜子，能够反射VHF信号。在流星轨迹的帮助下，我们能够与2000km之外的火腿通信。

一般来说，6m波段是最容易进行SSB/CW流星通信的波段，但2m波段上的火腿更多一些。有一个网站，专门为流星数字通信爱好者提供服务，它叫Ping Jockey Central，网址是www.pingjockey.net，你如果有兴趣，可以去看看。

北光无线电俱乐部（NLRS）的成员们为他们的便携式10GHz微波电台而感到骄傲。



由于月球表面能够反射信号，美国得克萨斯州休斯顿的一个火腿与瑞典首都斯德哥尔摩的一个火腿进行月球反射通信。如果其中一个火腿使用大功率电台和大型定向天线，那么另一个火腿使用普通电台（100W）和普通定向天线即可。

限制，换句话说，进行EME通信的两个火腿必能够须同时看到月球。另外，进行EME通信的两个火腿必须知道月球在天空的什么位置上（尤其是在阴云密布的夜晚）。

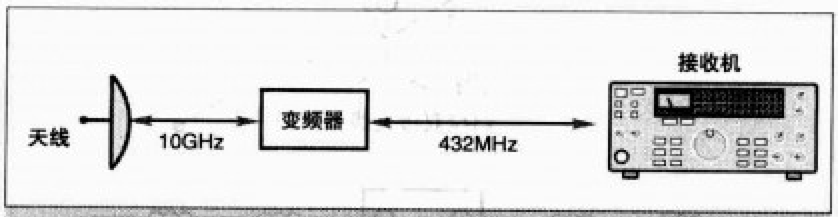
微波

在本文中，我们主要介绍VHF/UHF波段的弱信号通信。当你进入更高的微波波段时，你会发现它的挑战远远大于VHF/UHF波段。

微波波段从1GHz开始，但业余无线电的微波波段从1.2GHz开始。每个微波波段都有自己的特性，不过它们也有一些共同规律，例如：

- 频率越高，通信距离越短。
- 必须使用定向天线。
- 天线高度非常重要。天线越高越好。
- 可以购买现成的1.2GHz、2.3GHz、10GHz波段微波通信设备，其他波段的设备需要自制或改装。
- 并不一定需要大功率。有些微波电台的功率不到1W。

在进行VHF/UHF通信时，如果你感觉馈线的损耗太大，那么这种馈线绝对不能用于微波通信。为此，你可以在天线下面安装一个变频器。变频器可以将它接收到的微波



在这个例子中，一部VHF/UHF多模式电台使用一个10GHz变频器，在432MHz通信。变频器将接收到的10GHz信号转换为432MHz信号，同时将发射出的432MHz信号转换为10GHz信号。这样转换，可以使信号的馈线损耗最低。

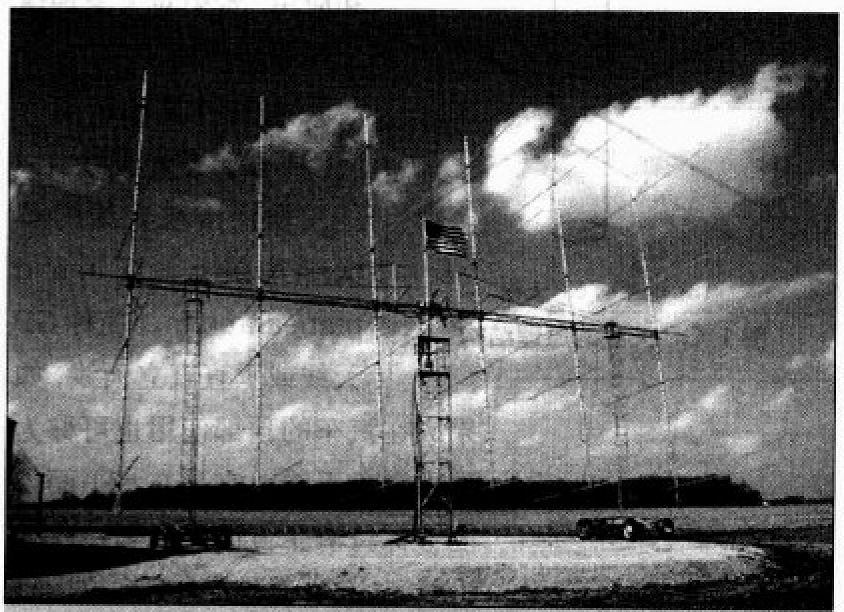
信号转换为低频信号（例如28MHz、144MHz和432MHz），而低频信号在同轴电缆上的损耗要小得多。发射过程与此类似，变频器能够将电台发射出的低频信号转换为微波信号。

微波通信并不常见，换句话说，当你打开电台时，你很可能找不到微波通信对象。

挑战与回报

毫无疑问，FM通信要比SSB/CW通信简单一些。如果你想进行FM通信，你只要随便买一部手持电台，然后利用当地的中继台，即可与其他火腿交谈。相比之下，SSB/CW通信需要较贵的设备和较多的技巧，但它充满更大的乐趣。

如果你是SSB/CW爱好者，你可以进行弱信号通信，与很远的火腿交谈，而FM爱好者只能通过本地中继台，与很近的火腿交谈。距离只是一个方面，SSB/CW通信的最大好处是让你能够体验到VHF波段的奇妙传播。通过长时间的SSB/CW通信，你的经验将大大增加，你甚至可以预言某个波段何时开放、何时关闭。收听来自远方的电波信号，你可以判断出目前存在哪种传播，并将这种传播转化为你的优势，与尽可能多的远程电台进行通信。



一些火腿非常热衷月球反射通信，为此他们架设了异常庞大的天线系统，例如KB8RQ在美国俄亥俄州的“怪兽”。当然，你并不需要架设这样的天线。使用数字通信模式，你只要用100W电台和普通的八木天线，即可与KB8RQ通信。

VHF通信会成为你每天的挑战。DX电台可能在你没有任何预料的情况下突然出现，然后又突然消失。假如有一天，当你打开电台，突然从里面传来一片来自遥远地方的SSB/CW信号，你肯定会异常兴奋，只有在这个时刻，你才会真正明白：VHF波段的SSB/CW通信要比FM通信有趣多啦！

浅谈天线的种类与应用

文/赵青云 （BA3DX）

天线是业余无线电爱好者的关键设备之一，一台优良的收发信机应配有一副良好的收发天线，业余无线电爱好者在架设天线时，由于受到场地和环境限制，所选择架设天线的方式也各有不同。目前社会上对业余电台天线的称呼各式各样，什么“苗子”、“棒子”，以至于很多初学者对相对规范的天线分类及作用并不了解，笔者在本文中将为业余无线电的初学者介绍一下各种天线的种类、特点和应用，希望对大家理解天线有所帮助。

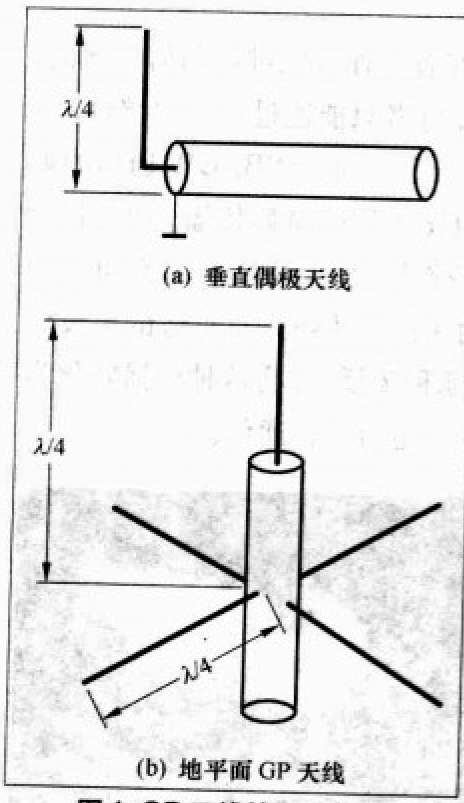


图1 GP天线的原理结构

天线的种类和特点

1.垂直接地天线

垂直接地天线的英文缩写是ground planeantenna，简称GP天线或垂直直立天线，如果放在汽车的顶部使用也可称为垂直吸盘天线，它是在水平面内能够保持有全方向发射和接收的天线。GP天线的原理结构如图1所示，实物结构如图2所示。

图2 GP天线的实物

2.偶极天线

偶极天线的英文缩写是doublet antenna，简称DP天线，最基本的偶极天线原理结构如图3所示，从图中可见用一根1/2波长的偶极天线在中央部位将其切断，在此处连接高频信号的天线称为偶极天线，在切断后的中央部位所呈现的阻抗为45Ω～75Ω，天线的总长度是中心频率半波长度

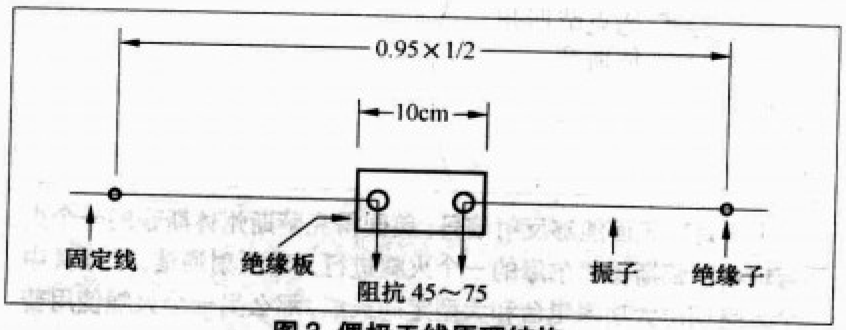


图3 偶极天线原理结构

的95%，水平型的天线在水平方向的振子是以天线为对称轴，中间为馈电点，在垂直方向是有指向性的，而垂直型的天线在水平方向无指向性。

偶极天线的结构简单，广泛用于各个波段，是业余无线电爱好者自制固定天线的首选。偶极天线在实际的使用和制作时也有很多变化，常见的有水平天线、倒V天线（单波段和多波段）、斜拉双极天线、陷波器天线等，如图4所示。

我们举例说明在业余条件下，三波段倒V天线计算制

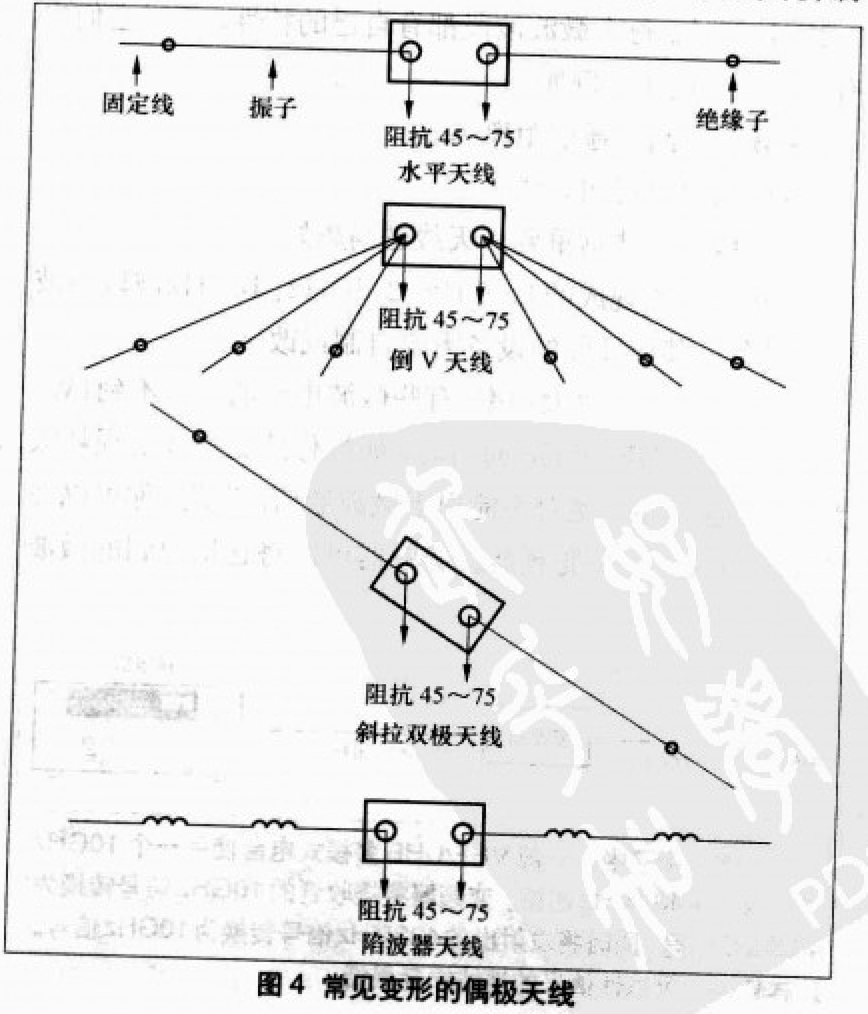


图4 常见变形的偶极天线

作方法：

（1）40m（7MHz 波段）

用λ/2计算振子线的长度，振子总长度可得40m ÷ 2=20m，再按天线的总长度是中心频率半波长度的95%代入公式0.95 × λ/2，得20m × 0.95=19m，19m就是按λ/2计算的7MHz振子线的总长度，每臂的振子长度为19m ÷ 2=9.5m。在实际安装时，由于所处电磁环境的不同，振子线在每臂9.5m的基础上再各增加1m(实际每臂总长度10.5m)，以便在调整谐振点和驻波时进行修剪。

（2）20m（14MHz 波段）

用λ/2计算振子线的长度，振子总长度可得20m ÷ 2=10m，再代入公式0.95 × λ/2，得10m × 0.95=9.5m，9.5m就是按λ/2计算的14MHz振子线的总长度，每臂的振子长度再用9.5m ÷ 2=4.75m。在实际安装时，由于所处电磁环境的不同，振子线在每臂4.75m的基础上再各增加0.55m（实际每臂总长度5.3m），以便在调整谐振点和驻波时进行修剪。

（3）15m（21MHz 波段）

根据上述方法，振子总长度为15m ÷ 2=7.5m，7.5m × 0.95=7.225m，得出的7.225m是按λ/2计算的21MHz振子线的总长度，每臂的振子长度再用7.225m ÷ 2 ≈ 3.6m。在实际安装时，由于电磁环境的不同，振子线在每臂3.6m的基础上再各增加0.4m（实际每臂总长度4m），以便在调整谐振点和驻波时进行修剪。

倒V天线的制作安装示意图，如图5所示。

3. 八木宇田天线

八木宇田天线的英文缩写是Yagi−Uda antenna，简称八木天线，八木天线的特点是方向性很强，而且天线的引向器越多，方向性越尖锐，增益越高，八木天线一般都要配合转向器来使用，这样可以随意转动天线方向，对准自己通联的对方电台的方向，是DX和比赛的首选天线，八木天线的结构如图6所示，由引向器、振子、反射器组成五单元八木天线。

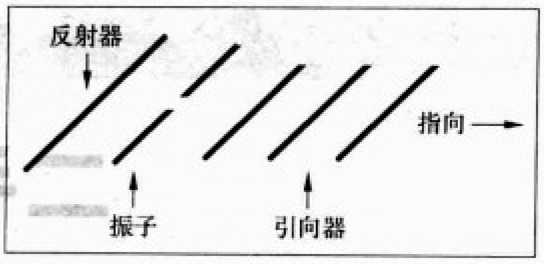


图6 八木天线的结构

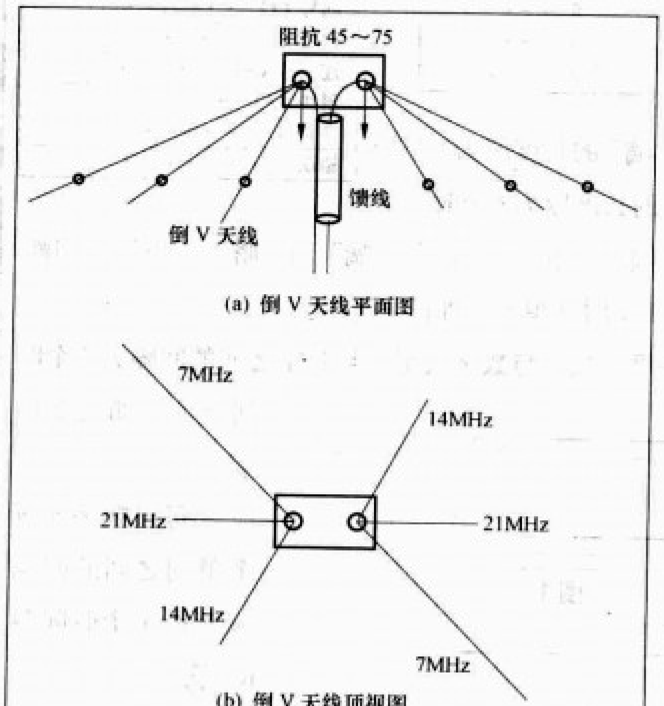


图5 倒V天线的制作安装示意图

上述天线如何在实际中进行应用还涉及到更多的知识，下面笔者再为大家介绍一下自己电台室天线的设置情况，帮助大家了解天线的作用。

笔者的楼面天线分布

笔者楼面天线的分布及对应的室内电台位置分布图如图7所示。其中，ICOM−738电台使用的是W−8010短波天线（3.8MHz、7MHz、14MHz、21MHz、28MHz），天线撑杆的高度8.5m。YAESU 857D电台使用的天线为四波段阳台天线（放在楼面上）及双段U/V天线，天线架设在W−8010短波天线的撑杆上。ICOM−725A电台使用的是车载短波天线，天线卡在五楼的阳台护栏上为水平位置。健伍TM−231A、431A电台分别使用144MHz（2m）、400MHz（0.7m）4m长的GP天线，天线撑杆的高度4.5m。BF−125A（泉州无线电二厂）FM电台使用的是29.6MHz、（10m）5.5m长的GP天线，天线撑杆的高度4m。另一副400MHz天线用在两台手持机上。两台国产收信机（77、222）用一段3m长的导线附在整体天线馈线的导管中作为收信机的天线。一台日本渔船全段收信机使用斜拉GP天线，架设在楼的背面。

为了便于初学者对天线性能的理解，笔者再介绍几个

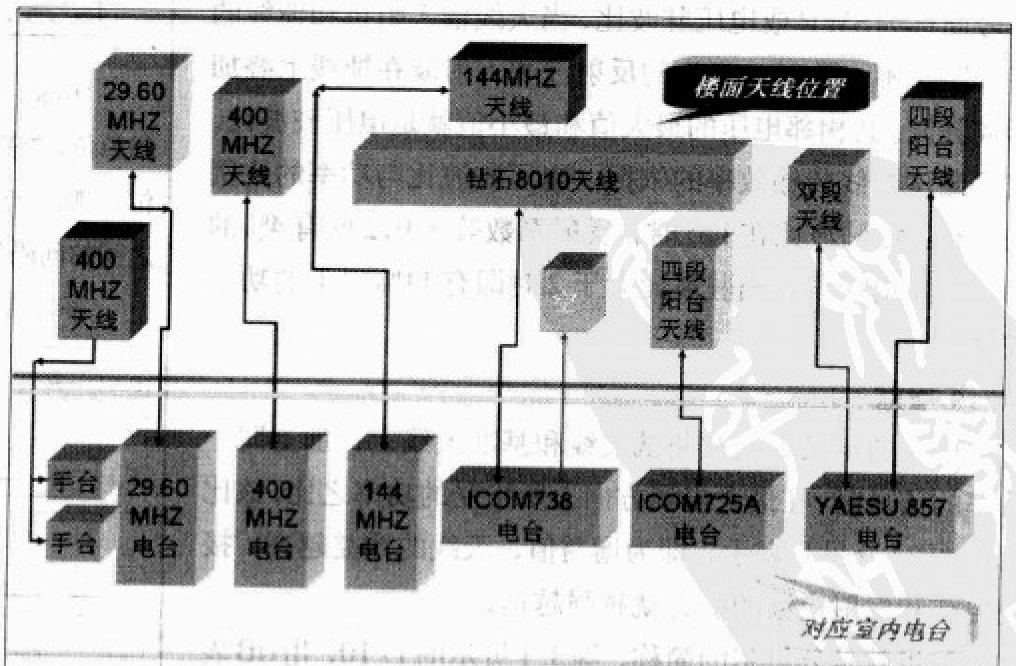


图7 BA3DX楼面天线及对应的室内电台位置的分布图

打造个人电子工作室

二手示波器选购指南

文/聆 听

上一期，笔者为大家介绍了几种应用情况下的电子仪器配置方案，从本期开始，笔者将逐期对示波器、信号发生器、频率计、RF功率计／SWR表、频谱仪、通信综合测试仪等二手器材的选购进行介绍，希望对读者有所帮助。

一台示波器可以更好地测量交流信号及观看波形，成为无线电爱好者有力的帮手。作为精密测量仪器，示波器的价格远高于普通万用表，所以一直以来其高昂的价格使预算不多的个人望而却步。随着科技的发展，测量的要求不断攀升，示波器的性能也在不断提高，不少单位都有很多更新下来的示波器进入二手市场，成为个人无线电爱好者的好选择。

二手示波器的基本认识

示波器可分为模拟示波器和数字示波器，模拟示波器又可细分为通用模拟示波器、记忆型示波器、取样示波器、

与天线相关的概念。

天线性能的常用语

1.频率

天线的结构是由能使用的频率而决定的，天线设计的前提是选择要使用的频率，业余无线电爱好者使用的天线一般为调谐型，爱好者在制作天线时，为了提高效率，基本上都是以频率的半波长为基准来设计的。

2.特性阻抗（俗称阻抗）

业余无线电爱好者使用的馈线一般都选择50Ω的不平衡同轴电缆，所谓不平衡是指馈线的一端可以在接地的状态下使用，而平衡是指馈线两端都在对地悬空状态使用，所用馈线一般为平行型馈线。

3.VSWR

VSWR是英文Voltage Standing Wave Ratio的缩写，一般简称为SWR或电压驻波比，当天线输入阻抗和馈线的特性阻抗不一致时，产生的反射波和入射波在馈线上叠加形成驻波。其相邻电压的最大值和最小值就是电压驻波比。它是测试馈线传输效率的依据，电压驻波比与功率的比例关系是：如驻波比在1.5时，反射系数等于0.2即有4%的功率被反射回来；当驻波比大于2时即有11%以上的功率被反射回来。

4.增益

增益的定义为在被测试天线和基准天线上，加上同一功率的信号时，在最大电场方向上所接受的功率之比，该比值用dB（分贝）表示，即为增益值，天线的增益越高，接受电波和发射电波的能力就越强越远。

分贝就是分贝尔的简称，等于1贝尔的1/10，用dB表示，是用于衡量放大器或衰减的常用单位。

更 正

《无线电》2008年第1期第46页的莫尔斯电码表对电码的标示发生了错误，“嗒”和“嗒”的间隔没有标示出来，给读者造成理解的误会，再次特此更正，并感谢向我们指出错误的各位读者。

·＝嘀 —＝嗒

■字母

A ·—	H ····	O ———	V ···—
B —···	I ··	P ·——·	W ·——
C —·—·	J ·———	Q ——·—	X —··—
D —··	K —·—	R ·—·	Y —·——
E ·	L ·—··	S ···	Z ——··
F ··—·	M ——	T —	
G ——·	N —·	U ··—	

■数字

1 ·————	6 —····
2 ··———	7 ——···
3 ···——	8 ———··
4 ····—	9 ————·
5 ·····	0 —————

■标点符号

句号（.）	·—·—·—
逗号（,）	——··——
问号（?）	··——··
冒号（:）	———···
连字号（-）	—····—
斜线（/）	—··—·
@符号	·——·—·
错误	········

实际上，“嘀”的长度应为1个时间单位，“嗒”的长度应为3个时间单位，“嘀”与“嘀”、“嗒”与“嗒”、“嘀”与“嗒”、“嗒”与“嘀”之间的间隔为1个时间单位，如图1所示。

字母与字母、数字与数字或字母与数字之间的间隔为3个时间单位，如图2所示。

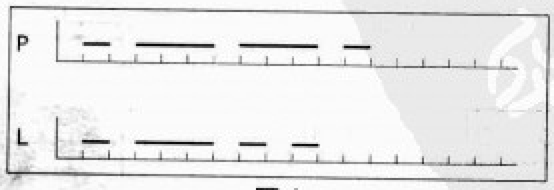


图1

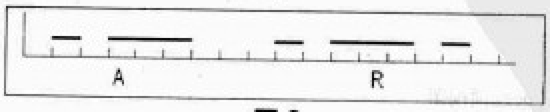
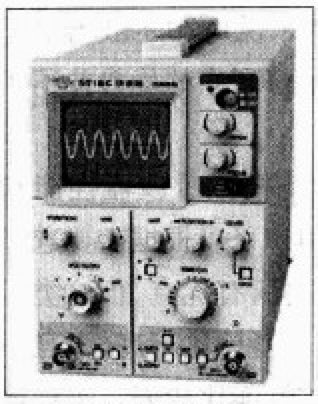
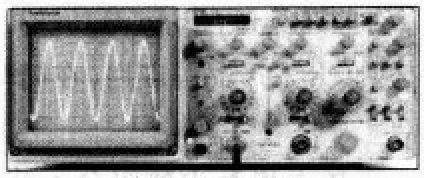


图2

每组数字或每个单词之间的间隔应该是5个时间单位。


典型立式示波器


典型卧式示波器

多束示波器、特种示波器。数字示波器细分为DSO（Digital Storage Oscilloscopes 数字存储示波器）、DPO（Digital phosphor Oscilloscopes 数字荧光示波器）、取样示波器、虚拟示波器等。DPO是一种新型高性能示波器，它使用信号信息的三个维度——幅度、时间和幅度随时间分布，连续捕获、显示、存储和分析复杂的信号，得到灰度渐变显示，克服了传统DSO示波器的一些局限。DPO是新型高端示波器，目前很少进入二手市场，且价格昂贵，在此不作介绍。目前在二手市场绝大部分的所谓数字示波器基本都是DSO数字存储示波器。

从示波器的外形来分有立式和卧式两大类，立式示波器具有比较节省桌面空间的优点，而卧式示波器则携带比较方便，近代的示波器大多采用卧式和类卧式外形设计。我们可以根据自己工作场地的特点以及对仪器移动性的要求决定选购示波器的外形。一般在维修工作台上卧式示波器放平后上面可以堆叠其他仪器。

从示波器的显示单元分，有传统CRT阴极射线管和液晶面板两大类。CRT的又可分为P7、P31荧光物质示波管和电视CRT管。外形分为方管和圆管，现在主流的模拟示波器都采用内刻度的方示波管（数字示波器可以使用普通电视CRT管无需内刻度）。

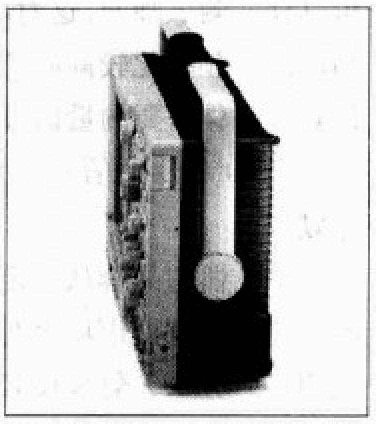
选购CRT的示波器需要关注聚焦和辉度这两个问题。早期的示波器聚焦和辉度都需要人工手动调节，而且根据不同的扫描速度需要针对性的调整，而现代的不少示波器都附加了自动调整功能，简化了测试过程中的操作，给使用者带来方便。液晶面板主要有单色和彩色液晶之分，液晶屏幕的可视角度比CRT小，不同液晶屏幕的可视角度也不同，一些比较高档的示波器还提供了RGB输出接口，允许用户外接更大屏幕的电脑标准显示器。采用液晶显示器的示波器在体积、重量、功耗方面都有较大的优势，一些现代便携示波器的重量可以控制在1kg～5kg的水平。

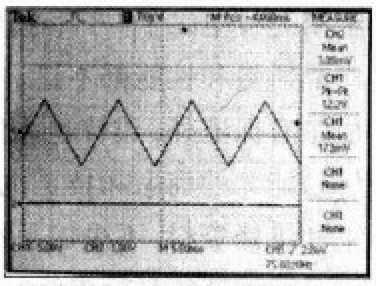
采用内刻度方示波管的模拟示波器

作为显示单元，现在很多示波器都具备数据读出和自动测量功能，一些挡位设置信息和测量信息都会直接显示在屏幕上，这样用户就不必再看那些细小的刻度了，同时也减少了测量的人为读数误差。

不过有不少早期的液晶示波器由于液晶屏幕的性能问题（包括视角和反应速度），看上去总没有传统CRT效果好。

较大的显示屏有利于对波形的观察，但一些便携设计的示波器考虑到体积、重量和移动性，采用了较小尺寸的显示屏，通常一些立式和类卧式的示波器显示屏比较大。传统示波管的性能与图形展现能力密切相关，早期国产示波管与进口示波管还是有很明显的区别，所以不少早期的国产高端示波器依然采用进口示波管。


使用LCD屏后示波器的体积重量厚度大大减小


带测量显示的单色液晶屏

二手示波器的选购定位

选购二手示波器首先要有一个明确的定位，也就是说根据自己测量的需要和预算情况来确定选购示波器的档次和主要特性，这样才能有的放矢地选择示波器。示波器的带宽是示波器性能的主要指标，通道数以及时基数、灵敏度、辅助测量功能也是示波器的重要特性。对于数字存储示波器还有一个特有的指标就是“采样频率”，它是衡量数字示波器性能的重要参数。以目前二手示波器的行情来看，20MHz双踪的模拟示波器数量最多，性价比高，市价在300～900元间，基本能够满足电子线路的基础测量，实用性强。在普通维修使用中，示波器常用来观看测试点的大致波形和相对幅度，很少需要精确测量和观察复杂波形，低带宽模拟示波器正好适合这类应用。1000～2000元间进口的100M二手模拟示波器有较大的选择空间，在维修VCD、DVD、手机、对讲机方面用100M示波器比较方便。在20M和100M示波器之间还有30M、40M、50M、60M的规格，在价格相差不大的情况下可以酌情考虑。市场上通常都以20M、100M、300M、500M、1G来划分示波器的档次。如果用于实验开发则对示波器显示复杂波形的能力要求比较高，高端开发工作通常最好是配备带FFT频谱功能的现代数字示波器；如果用于精确测量，则示波器的CRT读出和自动测量功能非常重要，它可以大大降低人为读数误差，但二手示波器在精确测量前应作重新计量。数字存储示波器

可以存储测试画面，这对出具报告和归档很有用。如果希望精确测量频率比较高的信号，你所购买的示波器最大带宽最好大于你需要测量信号的2~3倍，也就是说如果打算测量一个80MHz的信号，用100M示波器很难取得精确的测量效果。

示波器的品牌从一定程度上也代表示波器的品质。在国内二手示波器市场上的进口品牌中，岩崎IWATSU、泰克 Tektronix、菊水KIKUSUI、惠普HP保有量很大，松下、日立、安罗、利达也有相当数量。这些品牌在业界也非常有名，我国曾在各个时期大量引进其产品。国内品牌中，上海无线电二十一厂、扬中、固伟GW（中国台湾地区）的产品质量和性能都不错。选购市场上著名品牌示波器除了质量有保证外，维修也方便，维修资料和配件都容易找，有维修能力的商家和技工也多。购买二手示波器最好有说明书和维修资料，不少二手示波器都有一二十年的机龄，考虑二手示波器的日后维修问题是非常重要的。

常见的20M以上的示波器多是双通道的，一般维修中双踪示波器可以满足需要，没有必要刻意追求多通道，除非需要同时监测多个通道的信号状态。有很多示波器虽然提供了4个输入通道，但CH3、CH4的很多功能都作了简化，实用价值大打折扣。是否提供多个标准通道，可以通过看每个通道配置的设置机构（旋钮）是否一样来判断。

在二手市场上有不少全新库存的示波器，价格也比成色差一些的同类产品高些，但在性能上未必有保证。很多这类示波器库存都超过20年，在此期间从未通电开机，很容易导致机内电解电容干枯甚至漏液，导致工作点漂移。有的机器还由于储藏环境长期潮湿，对线路板和元器件造成腐蚀。所以在购买全新库存示波器时绝对不能掉以轻心，也需要严格试机，购入后要多通电去潮气，尤其是南方的用户。

很多人都以为数字示波器一定比模拟示波器好，价格上同档次的数字示波器也比模拟示波器贵不少。实际上数字示波器DSO和模拟示波器一直互有优势，尤其是一些早期的DSO示波器由于采样频率低，性能并不理想。DSO不能显示波形的三维状态。作为数字存储示波器需要将采集的信息重建波形并显示，早期产品由于处理器速度限制，在采样精度和实时性刷新率方面都不佳。早期的100M DSO采样速度只有20MSa/s~200MSa/s，以现在的要求来看，采样率要5倍甚至10倍于带宽，才能和模拟示波器媲美。而这些早期性能不理想的数字示波器正是目前低价二手数字示波器市场的主力。当然DSO自身的优点还是不能忽视，数字示波器可以存储波形，方便地输出图像并进行比较，DSO捕捉失真信号的能力也比较强，显示周期较长的信号也是DSO的强项，DSO大多具有CRT读出功能，容易数字化测量（有些还具备自动测量功能）。总体来说DSO示波器更适合检测、开发产品等应用，在简单电子修理中的优势并不明显。

市场上也有少数组合示波器具备模拟示波器性能和DSO示波器的特点，如泰克2230，用户可以根据需要选择不同的工作模式，以得到两种示波器的所有优点。但这类示波器的价格比较贵，对于普通个人用户性价比不高，而且不少这类组合的早期示波器的数字模式性能比较弱，采样速度偏低，在DSO模式下只适合观测频率较低的信号。

另外，在模拟示波器中有一类特殊的记忆示波器，虽然它可以以物理的方式记忆波形，但同DSO示波器原理完全不同，不具备DSO示波器除存储波形外的所有其他优点。有些商家故意混淆概念把记忆示波器往数字示波器上靠，借以抬高商品的卖价。

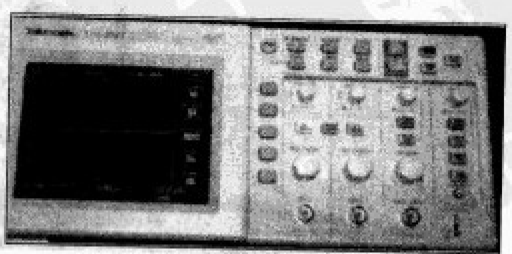
CRT读出功能是很多朋友所关心的，也渐渐成为示波器档次的标志之一。CRT读出功能有差异，在乎这方面功能的朋友要了解清楚。CRT读出只是统称，不同档次的示波器读出功能可能不一样。最初级的CRT读出只是把设置挡位的信息显示在屏幕上，并没有测量功能，高档一点的虽然具备电压、时间、周期、频率的基本测量，但需要通过人工设定游标，手动实现。更进一步的是具备自动测量功能，这也是我们认为比较实用的CRT读出功能。

屏幕右方的区域即“软键”

一般比较高级的多功能CRT读出+自动测量功能的示波器在屏幕周围有非“专一功能”的“软键”，根据不同状态屏幕提示不同的功能。

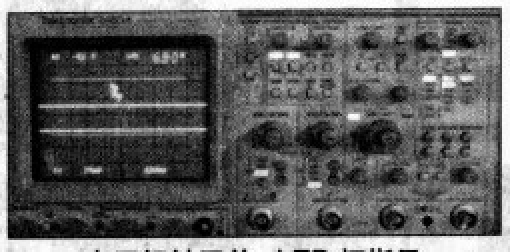
除了一些简易示波器外，并不是示波器面板上的调整机构越复杂，示波器的档次就一定越高级。

随着科技的发展，示波器也向着自动化、智能化方面发展，很多以前需要复杂的人工调校的工作，在现代示波器中都能自动通过微处理器完成，所以现代的示波器面板上的旋钮越来越少了。调整机构越复杂的示波器往往意味着用户需要更专业的操作。比如以前示波器操作需要调整多次的量程、时基及辉度，使用很多现代示波器，只要按一下AUTO SET按钮就能一键搞定。

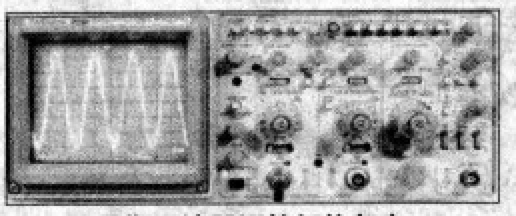


现代示波器操作钮非常简洁

示波器的年代和



电子轻触开关 +LED 灯指示



早期示波器调校机构复杂

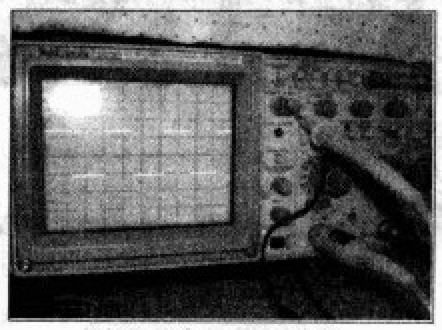
档次可以通过示波器面板调校开关的类型来判断。通常早期的示波器面板全为机械开关，后来越来越多地采用电子轻触开关+LED 灯指示，进一步采用屏幕读出显示。现代示波器更多地采用在屏幕周围设置多功能“软键”，达到一键多能的目的。很多厂家的示波器型号编排并不一定是数字大的就一定先进，比如泰克的2230就比泰克的2235档次高。但有些带字母后缀的示波器通常是原型号的改进产品，在性能和功能上有所提高，如泰克2465/2465A/2465B分别为300MHz、350MHz、400MHz示波器。

选购二手示波器的方法

第一步 看外观。

看到成色很新的机器不要掉以轻心，上文中已经提到外观好不一定性能好。一些进口示波器要检查标签是否齐全并与机器是否配套，螺丝新旧是否与机器成色相当，有否多次拆卸的磨损痕迹，以防止遇到从洋垃圾里拼装出来的机器。有些洋垃圾仪器是110V供电的，同时没有设计220V电压跳线，如果打算购买，建议宁可外加一个变压器，也不要二手商不可靠的简易“电源处理”。

现代示波器具备的“自检”功能



利用示波器自身提供的“自校”信号测试

第二步 验机。

建议在看中某款示波器型号后，先在网上查找一下该示波器的资料，很多示波器都能找到操作手册，通过操作手册着重了解基本调校功能，有的示波器(尤其是数字示波器)还具有自检功能，是“验机”的有力工具。

现场验机时，一般开机后首先将探头连接示波器提供的自校方波，检查各个通道的情况，包括波形失真(方波是否工整)和测量幅度的准确性(刻度读数是否接近校准参考值)。同时观察全屏幕聚焦是否准确(波形清晰明亮，不发糊)，亮度是否均匀，示波管无明显老化和烧伤(关闭示波器后屏幕上不应残留显示内容的痕迹)现象。如果是LCD显示屏幕，还应该进行坏点/亮点检查。注意各个旋钮都应该灵活有效，拨动开关触点没有接触不良的情况。有条件的还可以用函数信号源测试各种波形。

观察整个屏幕的聚焦情况

第三步 烤机。

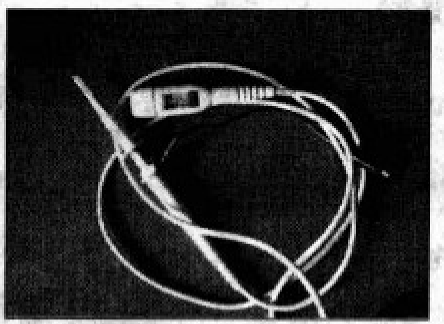
就是长时间开机，看屏幕是否有明显的抖动萎缩和显示偏差。在商家处测试不可能太长，所以在机器拿回家后要继续烤机，在保修期内及早发现问题。有些机器热稳定性不好，工作时间一长就容易出现各种问题。烤机的同时也可以驱除仪器长期存储带来的潮气。

第四步 明确保修条款。

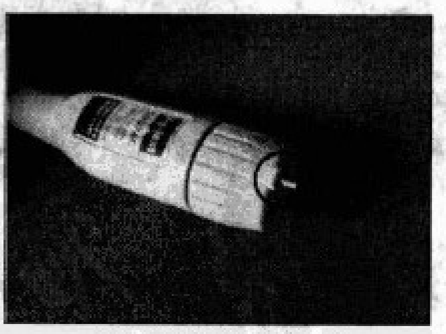
如果商家提供保修则需要提供书面的有效凭证。

最后，好马配好鞍，购置一台比较高档的示波器配一套好的探头也很重要。

探头也有自己的带宽，如果测试信号超过探头的带宽会引起信号的过度衰减甚至畸变失真，严重影响测试和观察的效果。好机器千万不要配低档探头，使探头成为系统的瓶颈。20MHz的探头比较普及，价格也便宜，国产的很多产品性能也很好。进口的100MHz探头不便宜，泰克、安捷伦/惠普、岩崎的探头品质都很过硬，好的探头还有钩子等附件方便测量。有时二手商还会有二手的进口探头，买机器的时候通常能优惠供应。对于一些有自动测量功能和支持探头读出功能的示波器，配置具有读出功能的探头可以让示波器自动调整计算量程，将探头的标准衰减量加入微处理器内方便直接读数。通常具有连接读出功能的探头在BNC接口处有个弹簧突起。



探头



探头参数读出输出端

常见的示波器分压探头有固定衰减量和可变衰减量两种，固定衰减量的探头只提供1:10或1:100的固定衰减量，可变衰减量的探头则往往提供1:1和1:10两种衰减比例，通过探头上的开关切换。

业余无线电家

中　国　无　线　电　运　动　协　会

◎ 会刊有奖问答

◎ IC-91A/AD 使用报告

◎ 解读 D-STAR

◎ 享受"蛙鸣"制作及通联的乐趣

◎ 自制天线转向控制器

2008 年第 1 期 总第 54 期

北京 6106 信箱　邮政编码：100061　E-mail: crsa@public.bta.net.cn　Tel: 010-67051200　Fax: 010-67050899　协会网站: www.crsa.org.cn

欢迎参与会刊有奖问答活动

为丰富会员生活，提高大家对会刊的关注度，中国无线电运动协会和《无线电》杂志编辑部特举办此次有奖问答活动。凡中国无线电运动协会有效会员，即会费交至2008年者，均可参加。活动采用答题形式。参加活动的会员可将答题纸寄至：北京6106信箱，邮编：100061，中国无线电运动协会收。信封左下角注明“有奖答题活动”字样。邮寄截止日期为2008年3月31日，以邮戳为准。

本次抽奖活动共设5个奖项，其中：

特等奖1名，奖品为：ICOM IC-735短波电台一部；

一等奖10名，奖品为：开关式13.8V国产稳压通信电源一台；

二等奖20名，奖品为：童效勇、陈方两位作者签名的《业余无线电通信》一本、电键一部；

三等奖50名，奖品为：2007年《无线电合订本》一套；

四等奖100名，奖品为：中国无线电运动协会纪念品一件。

单项选择题：

1. 下列说法中符合我国业余无线电法规定义的有：(　　)

① 个人业余电台是进行自我训练、相互通信和技术研究的工具

② 个人业余电台可以在设台人管理下成为周围爱好者进行通信发射实验的工具

③ 个人业余电台在得到相关无线电管理机构工作人员的口头同意后即可使用

④ 个人业余电台可以为尚未取得执照的爱好者播发信息或训练用的信号

2. 负责全国无线电管理工作的机构以及负责组织实施个人业余无线电台活动的社会团体分别是：(　　)

① 信息产业部 / 国家体育总局　　② 国家安全部 / 国家体育总局

③ 国家公安部 / 中华体育总会　　④ 国家无线电管理机构 / 中国无线电运动协会

3. 无线电台通信不可以缺少的内容是：(　　)

① 通报电台所在位置　　② 对方和自己的姓名　　③ 通报天气情况　　④ 对方和自己的电台呼号

多项选择题：

4. 下列项目中应用了无线电技术的有：(　　)

① 移动电话　　② 收音机　　③ 石英钟　　④ 电冰箱

5. 能够反射无线电波的物质有：(　　)

① 空气　　② 金属　　③ 海水　　④ 干燥木材

问答题：

6. 本期会刊中，您认为最有价值的文章是哪篇？________________

7. 您希望今后在会刊上看到哪方面的文章？________________

8. 您对协会工作有何建议或者意见？________________

2008年中国无线电运动协会会员有奖问答答卷（复印无效）

会员证号：__________ 姓名：__________ 呼号：__________ 邮政编码：__________

通信地址：______________________________

单项选择题：

1 ① ② ③ ④　　2 ① ② ③ ④　　3 ① ② ③ ④

多项选择题：

4 ① ② ③ ④　　5 ① ② ③ ④

问答题（空间不足可另附纸）：

6 __________　　7 __________　　8 __________

倡议书

2008年北京奥运会正一天天临近，它不仅是国际体育盛会，更是向世界展示中国的舞台和窗口。为此社会各界都在积极筹备，共同打造一个新北京、新奥运。

北京奥运会不仅是中国的、北京的，更是全体中国人民的！作为业余无线电爱好者，我们拥有能在业余条件下实现完全通信的技术和设备，同时我们也是社会的一员，这让我们更有能力为奥运做贡献。在奥运会期间，将有大量比赛用无线设备以及现场调度、电视转播、新闻采访等活动的无线电设备启用，还将有很多来自世界各地的无线电爱好者欢聚北京。为此，《无线电》杂志社与中国无线电运动协会向全国广大HAM发出倡议：

1. 严格遵守无线电管理法规，自觉维护频率秩序，对奥运用频率使用主动避让；

2. 充实业余通信知识，提高应急通信技能；

3. 规范通信用语，文明通信。

让我们同全社会一起行动起来，充分发扬“体谅、忠诚、进取、友爱、适度、爱国”的业余无线电爱好者精神，把业余无线电的技术和精神投入到为奥运服务中去，贡献出自己的一份力量，并以“中国业余无线电”的良好形象展现在世界面前。因为，奥运有我参与！

《无线电》杂志社
中国无线电运动协会
2008年3月

2008年中国无线电运动协会活动安排

序号	活动名称	预计日期	预计地点	进展	备注
1	全国青少年无线电测向锦标赛	1月	海南	已完成	
2	中国无线电运动协会理事会	4月	北京	筹备中	
3	全国业余电台操作证书等级考核	3月22日	全国	报名中	计划33个城市设考场
4	全国青少年无线电活动辅导员培训班	3或4月	待定	筹备中	
5	业余无线电节现场活动暨年会	5月	待定	筹备中	会员活动
6	全国无线电测向锦标赛	5月	待定		
7	德国业余无线电节	6月	德国菲特烈港	筹备中	征集全国会员报名前往
8	全国青少年业余无线电通信锦标赛	7月	待定	筹备中	设成人组，会员可参加
9	全国青少年电子制作锦标赛	7月	待定	筹备中	
10	全国无线电测向选拔赛	8月	待定	筹备中	
11	日本业余无线电节	8月	日本东京	筹备中	征集全国会员报名前往
12	全国应急通信抢险演练赛	9月	全国	筹备中	全国会员均可报名参加
13	全国青少年无线电活动辅导员培训班	11月	待定	筹备中	

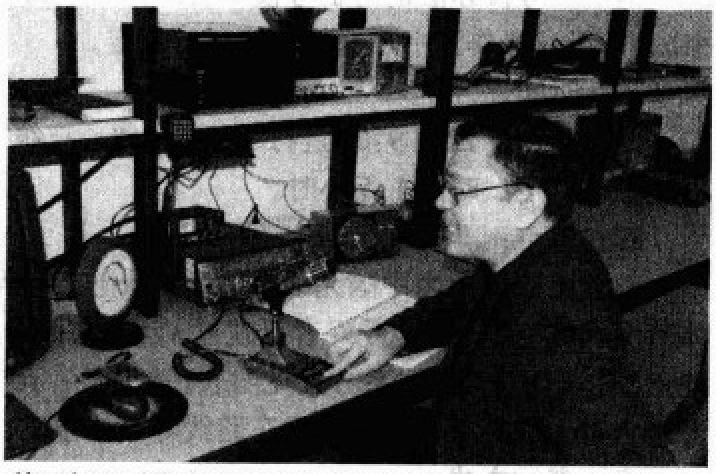
信息产业部无线电管理局领导通过业余电台慰问灾区

2008年2月5日农历腊月二十九，信息产业部无线电管理局张胜利局长（BA1SL）和谢飞波副局长（BA1XIE）通过BY1CRA集体业余电台，对我国南方受灾地区的业余无线电爱好者进行了慰问。

在电波中，两位局长向所有的业余无线电爱好者致以了春节的问候，对南方受灾省份的业余无线电爱好者表示了慰问，并勉励业余无线电爱好者们能够在大灾之时积极发挥自己的作用，在祖国和人民需要的时候积极地投入到应急通信的工作中，为抗击冰雪灾害做出自己的贡献，体现业余无线电爱好者的爱国主义精神。灾区的爱好者也通过电波对各级政府的关心表示了深深的感谢。

此次活动共与包括贵州、湖南、广东、北京和台湾等地的50多个业余电台在20m波段进行了通信。

张胜利局长通过业余电台慰问受灾省份的业余无线电爱好者



谢飞波副局长通过业余电台慰问受灾省份的业余无线电爱好者

雨雪无情，HAM有情
——广州春运琶洲展馆分场HAM应急通信行动

文/陈国基（BG7KWM）

2008年初发生在南方的雨雪灾害天气严重影响了春运，有大批返乡旅客滞留广州火车站。广州市政府春运指挥部于1月27日启动最高级别应急预案，其中确定海珠区琶洲展馆为异地候车区，把部分旅客分流到至该馆，在市火车站可以接纳上车时，统一安排该馆旅客搭乘地铁专列前往火车站直接上车。琶洲展馆接纳分流旅客后，已有警察、解放军官兵、海珠区政府工作人员及义务工作者派驻，但随着春运高峰来临，分流至展馆的旅客剧增，展馆内各分区面积大、间隔多，通信器材不足等问题日显突出，影响了应急工作的开展。

从化地区部分业余无线电爱好者通过各种渠道得知有关信息后，响应号召，积极参加到此次应急救援工作中，其中江汝城/BG7ILT、陈国基/BG7KWM、袁锡江/BG7MCE、朱俊华/BG7OAF、李伟航/BG7PTN、李光兴/BH7JUN、张莎/BH7KAM、邝燕辉/BH7KBA、韩政文/BH7KEM等9名HAM，分别于2月3、4日携带自用业余无线电器材，佩戴“中国无线电运动协会”标识、呼号牌，奔赴琶洲展馆配合应急通信工作，在438.500MHz频率上，协助驻场工作人员引导滞留旅客进入展馆内各指定分区休息，分派食物饮料及御寒衣物，给有需要的旅客提供相应服务，排成人墙引导旅客按指定路线进入地铁站搭乘专列前往火车站。经过共同努力，滞留旅客得到了有效的安置并顺利坐上火车。2月4日深夜在接到海珠区春运指挥部的“疏导行动顺利，琶洲展馆义务工作者可以撤离”的命令后，业余无线电爱好者与相关工作人员妥善交接、撤离现场并安全返回各自家中。同时根据相关法规，将此次应急通信行为报告当地主管部门备案。

《中华人民共和国业余电台操作证书》二〇〇八年统一考核实施办法

一、总则：

本办法根据国家体育总局2001年下发的《中华人民共和国业余无线电台操作证书等级标准》（下简称《等级标准》）及其实施细则制定。

二、考核等级：

本统一考核办法适用于考核一级、二级、三级《操作证书》。四级《操作证书》考核办法另行规定。

三、时间：

2008年3月22日9:00进行一级、二级、三级《操作证书》考核，笔试时间1.5小时。

四、地点：

设置考场城市由中国无线电运动协会按各地需求和具体情况选择确定。各地爱好者可就近、就便选报考场。具体地点、考场负责人及联系方式见附表。请报考者直接与各地考场负责人联系考场地点、乘车路线等具体事宜。

五、考核方式：

集中闭卷考核。

六、报考条件：

1.不符合有关规定者，不能参加考核。

2.报考二级《操作证书》者须获得三级《操作证书》并已取得相应个人业余电台执照半年以上，且交验10张国内业余电台寄给本人的联络卡片，以及10张国外业余电台（即不包括B、VR2、XX9字头呼号）寄给本人的联络或收听卡片。

3.报考一级《操作证书》者须获得二级《操作证书》并已取得相应个人业余电台执照一年以上，且交验10张国内和10张国外业余电台（即不包括B、VR2、XX9字头呼号）寄给本人的联络卡片。

七、考核内容：

1.三级《操作证书》：

－ 国际、国内无线电管理的有关规定和业余电台管理法规；

－ 普通话的通话联络程序和常用Q简语；

－ 国际标准字母解释法；

－ 任选下列两项之一：抄收用每分钟5组（25个字符）速度的莫尔斯电码拍发的简单通信用语，或者在两分钟内抄收5个用标准字母解释法读报的业余电台呼号。

2.二级《操作证书》：

－ 国际、国内无线电管理的有关规定、惯例和业余电台管理法规；

－ 普通话通话联络程序和Q简语；

－ 英语简单回答其他业余电台呼叫的方法；

－ 无线电通信的基本知识，包括：收发信机各功能部分的作用、各主要技术指标的意义，常用调制方式，天线、传输线的主要参数，电波传播原理，直流及交流电路的欧姆定律及功率计算，安全用电，有害干扰的防止等；

－ 抄收用每分钟5组（25个字符）速度的莫尔斯电码拍发的简单通信用语，并在两分钟内抄收10个用标准字母解释法读报的业余电台呼号。

3.一级《操作证书》：

－ 国际、国内无线电管理的有关规定、惯例和业余电台管理法规；

－ 普通话、英语通话联络程序和Q简语；

－ 无线电通信的中、英文常用词语、术语和缩写；

－ 无线电通信基本技术，包括：各类典型收发信机框图，音频放大、射频放大、振荡、调制、解调、无源滤波器、数字电路、阻抗匹配、整流电源等常用典型单元电路的原理，数字通信、电波传播基础理论，无线电常用计算和测量方法等；

－ 正确抄收和拍发用每分钟5组（25个字符）速度的莫尔斯电码拍发的通信用语。

八、报考手续：

1.报考者先与自己所选考场的负责人联系、报名，以便考场负责人掌握报考人数、做好考场准备。

2.考核时报考人须向考场负责人交验本人身份证、会员证，以及相应等级考核所要求的《操作证书》、个人业余电台执照（或复印件）。

3.应考者应于考试后将3张设台申请表填写好（将本人1寸照片一张粘贴于第一张设台申请表的左下角），寄至中国无线电运动协会（注册地为上海市、江苏省的应考者分别寄至上海市、江苏省无线电运动协会）。中国无线电运动协会组织统一判阅后，向合格者寄发相应《操作证书》以及经审核的《设台申请表》。

4.中国无线电运动协会会员参加等级考试，无需交纳考核费用。非中国无线电运动协会会员参加（或不能当场提供会员证、操作证者），须交纳考试费用，各等级考核工本费均为100元。各地考场可酌情向参考者收取场地、复印、邮寄等费用。

5.2007年参加等级考试但未通过的爱好者，不用再次参加已通过项目的考核，只需参加未通过项目即可。相关查

www.radio.com.cn

询表格将公布于协会网站的“通知公告”栏目，敬请关注。

九、有关组织工作的若干问题：

1.考场负责人：

根据国家体育总局2001年《等级标准》第一条精神，中国无线电运动协会指定考场地点并委托考场负责人，负责报考者的登记、召集、验证、收费、维持纪律和秩序、开封、发卷、播放录音、监考、封卷等工作。并按要求认真填写《考核统计表》。

2.试卷及磁带（或其他音频媒质）：

中国无线电运动协会统一印制及录制，于考试前寄至各考场负责人处。

3.拆、封试卷：

考试时考场负责人当场开封并分发试卷。考试结束后，考场负责人当场密封答卷用纸、一级考核发报录音，并最迟于3月25日前（以邮戳为准）寄往中国无线电运动协会总部。

4.阅卷：

各级试卷由中国无线电运动协会集中组织阅卷；报考二级、一级所需的国外卡片由中国无线电运动协会总部统一审验，须与试卷一同寄往协会总部。卡片后补一律无效，并当即平信退回。**国内卡片由各个考场负责人审验并记录卡片主要数据，不寄往中国无线电运动协会总部。**

各地考场负责人只需要将答卷专用纸、国外卡片原件、设台申请表、相关统计表及考场说明寄往中国无线电运动协会，**搭寄其余物品均做抛弃处理。**

十、考场秩序和纪律：

1.各考场一定要严肃考场秩序和纪律，按规定实施考核的组织、监督。严格考场纪律、严密工作程序，不得事先以任何形式泄露考题，考前当场启封、考后当场封卷，公平考试，不做“老好人”，不允许考场交流、代考，杜绝考场混乱、作弊事件的发生。

2.会员有对考场纪律监督和举报的权利。考场违纪一经核实，将采取严厉措施，追究相应作弊人员和考场负责人的责任，直至取消作弊人员考核资格、考场负责人的监考资格。

3.对于考试试卷、卡片弄虚作假者，将予以取消全部考试成绩、暂停考试资格，直至公开批评等措施。

十一、其他有关事项：

1.经过考试领到的新《操作证书》及经审核的《设台申请表》只是新设台，或因证书升级而须改变操作权限、设备、呼号时向各地无线电管理机构申领电台执照或变更执照手续的依据。未完成电台执照申领或变更手续者，不可使用新操作权限、新设备及新呼号。《设台申请表》上预配的呼号在未经无线电管理机构批准、发给执照之前属无效，不得擅自违法提前使用。

2.领到新《操作证书》后暂时不办理设台、更改原执照设备、呼号和操作权限手续者，请妥善保存经审核的《设台申请表》，以便设台或变更时使用，有效期见申请表说明。

3.一级《操作证书》及其功率限额主要是针对参加国际竞赛、DX狩猎等高水平活动的需要而设置的，因此对一级《操作证书》的发放将本着从严精神。建议没有相关需要、以一般联络为主要活动的操作人员在报考前慎重考虑。

4.偏远地区、赴考有实际困难的已持有四级《操作证书》并已取得个人业余电台执照、在实践中取得一定联络经验者，可以向中国无线电运动协会总部申请晋升三级，并交验10张国内外业余电台寄给本人所设置的个人业余电台的联络或收听卡片，以及原《操作证书》和《电台执照》的复印件。

5.偏远地区、赴考有实际困难的四级《操作证书》报考人员，可直接向中国无线电运动协会或指定的受理单位申请函考。

6.未尽事由请见考场补充通知。

中国无线电运动协会

二〇〇八年一月十五日

2008年个人业余电台操作证书考核报名表（复印有效）

姓名		现操作级别		报考级别	
会员证号		呼号			
身份证号					
联系电话		计划报考考场			
地址及邮编					

《业余电台操作证书》考核各考场地点、负责人及联系电话

考场	联系人	联系电话	备注	考场	联系人	联系电话	备注	考场	联系人	联系电话	备注
北　京	刘　涛	010-67050897	计划设立一级考场	太　原	武永胜	13363513688		柳　州	庞　永	0772-2188859	
上　海	陈云昌	021-56650674		西　安	梁六零	13909243725		杭　州	翁　恺	0571-85982397	计划设立一级考场
天　津	李　军	022-23005037/38/39转206		武　汉	姜招银	13607137649		南　京	陈　方	025-86509800	
哈尔滨	李　峰	0451-82681506	计划设立一级考场	长　沙	罗启智	0731-4513922		广　州	赖成添	020-37591099	计划设立一级考场
长　春	周文良	0431-85711371		合　肥	朱传龙	0551-5513412		贵　州	邹荣祥	0851-5778396	
沈　阳	张　学	024-28513799		淮　南	张晓平	0554-5211408		昆　明	胡健宝、张玉珍	13708871967	
石家庄	刘鸣罡	0311-85266927		南　昌	钟　新	0791-6080017		成　都	马　兵	13882055033	
呼和浩特	刘贵生	0471-6396090		福　州	曾国鸣	0591-87737838		兰　州	江进军	0931-8869793	
济　南	王　军	13615417129		漳　州	郑英俊	0596-2392224		乌鲁木齐	杜宏伟	13609900676	

规范自律、回报社会、迎接奥运

——记“2007年‘探路者杯’业余无线电应急通信演练赛”

文/郑予东（BG1HOB）

2007年10月27日，空中一层淡淡的薄云，午后的风力已逐渐减弱。在北京太阳宫公园的西门外，集结了越来越多无线电爱好者和他们的坐驾。他们有的来自江苏，有的来自辽宁，有的来自河北，更多来自本市，他们是来参加由国家体育总局航管中心、中国无线电运动协会主办的“2007年‘探路者杯’业余无线电应急通信抢险演练赛”大赛。

随着生活水平的提高和社会的发展，越来越多的应急处置事件摆在了各个行政部门的面前。作为无线电通信中永不消逝的电波，业余无线电也越来越多地受到社会各界的关注——北京阳台山救援、河北小五台救援、浙江清凉峰救援、广西洪涝灾害中，不断涌现着无线电爱好者的身影。

“探路者杯”应急通信演练赛恰恰是为了适应这样的突发事件，通过竞赛形式，提高业余无线电爱好者的通信保障能力、应急处理意识，同时宣传业余无线电作为后备应急通信保障力量所具有的社会意义。正如演练赛的主题 规范自律、回报社会、迎接奥运。

比赛已是连续第四届举办，受到全国无线电爱好者的普遍欢迎，浙江、湖北等地赛场还与北京赛场遥相呼应，不借助任何电话、互联网等通信网络，而仅仅通过业余无线电台将各个赛场的赛况联系起来——这正是业余无线电的实力、魅力所在。

此次比赛分设了集体项目和个人项目，内容涉及业余无线电初级设备组合、天线架设、话音通信与电报抄收、无线电图像传输、GPS定位、无线电测向等多种业余无线电项目与户外应急状态下可能需要用到的实际技术。参加比赛的有北京回龙观俱乐部代表队、626俱乐部代表队、陈经伦中学代表队、连云港爱好者代表队、河北廊坊代表队等来自全国各地的15个参赛队。

本次比赛之所以选择在太阳宫公园，不仅因为那里交通便利，场地开阔，风景优美，还因为那里是北京市政府指定的应急避难场所，与应急抢险演练赛活动的目标一致。进入场地，“应急”字样就不断冲击着大家的眼睛，应急水井、应急电源、应急帐篷驻扎区，甚至还有应急厕所。一旦有重大

突发事件发生，这里无疑是无线电爱好者的用武之地。

比赛时国家体育总局、中国无线电运动协会、北京市无线电运动协会、《无线电》杂志社的相关领导均来到现场。自律规范、回报社会、迎接奥运——本届比赛口号旨在让所有无线电爱好者认识到，规范业余无线电通信、合法使用无线电设备，将自己所学到的无线电知识，以各种方式尽最大可能地回报给社会，都是在推动业余无线电活动更加健康地、积极向上地发展。同时，2008年奥运会已经临近，届时将有大量的比赛用无线电设备启用，还会有很多世界各地的无线电爱好者到北京来，中国的业余无线电爱好者在2008年到来之际，应该用规范的通信用语文明通信，用有序的无线电波迎接北京奥运会的到来。

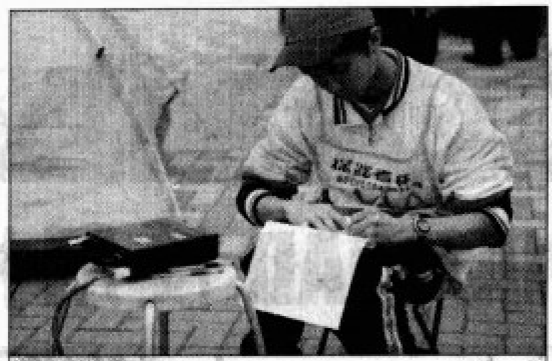
www.radio.com.cn

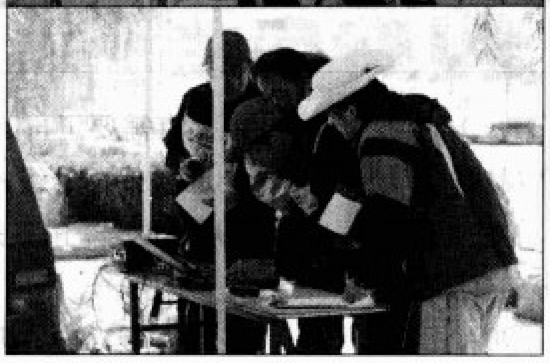
团体演练赛分为三场进行。首先按照竞赛规则快速架设电台、天线及搭建营地。他们4人一组，配合默契，动作娴熟，训练有素，观摩人员和各队的啦啦队无不鼓掌欢呼。不一会儿，一只只高耸的天线杆，一顶顶橘红色耀眼的帐篷就展现在大家面前，场面壮观，气氛热烈。每个架设好的电台营地，都具备通过无线电波沟通全世界的能力——比赛让前来观摩的社会大众了解到业余无线电所具备的能力以及业余无线电爱好者作为后备通信支持力量的意义。

之后进行的是无线电信号听抄，听抄内容仍是字母解释法和莫尔斯电码，背景掺杂的噪声较往年有所削弱，但拍发速度也同时增加，这让一部分参赛队不能适应。不过大部分参赛队员表现出了沉着、稳定的心理素质和较高的技术水平。

为了方便更多爱好者参加竞赛，依据往年的经验，2007年的比赛设置了个人无线电多项竞赛。竞赛集GPS定向、电台设备拼装、无线电测向、计算机图像通信等内容于一体。全部比赛活动共设5处检查点，每个检查点进行一个项目，本着高难度、高起点、全面锻炼的宗旨，紧张而不乏乐趣，充分体现爱好者的全面技术发展，也令参与观摩的爱好者、社会大众对无线电、户外知识产生了浓厚的兴趣。

“3、2、1！预备！出发！”随着裁判的一声令下，参赛者手持卫星定位仪、向着目标进发，第一名爱好者不出2分钟就通过GPS找到了第一个

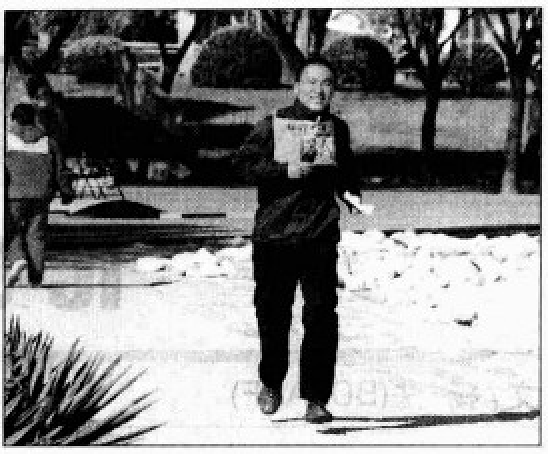




检查点上，这里的竞赛项目是将一套拆散的无线电收发信机组装起来，并使其能正常工作，之后接收一组由组委会传送过来的报文。很快他就完成了任务，沿着GPS所示路径寻找第二检查点去了。与此同时，在其他的场地上，无线电器材、户外器材装备展示、法律法规宣传、俱乐部活动也同时进行着，器材装备展示吸引了众多爱好者的眼球。

第二检查点的项目是精密测向。传统的测向比赛都是在运动中测定信号源的位置，从2005年在唐山举办的应急演练赛开始，中国无线电运动协会在业余无线电爱好者中率先开始推广和普及精密测向的概念，并取得满意的效果，从而使这个项目迅速成熟并得到普及。精密测向的场地设置在一个宽阔的草坪内，草坪内布满了真、假信号源，爱好者通过测向机测定信号源位置，并在不进入草坪的情况下，通过多点交叉定位的方法，在图纸上标定信号源的确切位置。

SSTV慢扫描电视传输竞赛是用无线电对讲机和计算机相结合，借助电台进行图像、数据通信。这种通信模式应该是当今无线数据通信的鼻祖了。虽然受频段和带宽制约，传输的数据量不可和今日的WI-FI同日而语，但



是业余无线电数据通信设备简单、操作方便、采用HF/VHF/UHF频段，因而器材价格便宜，在应急通信中不可或缺，也是当今世界上众多业余无线电爱好者最常用的一种通信模式了。由于发电机突然故障，电力不足一度导致比赛进程拖延，立即有爱好者自告奋勇驾驶爱车前来提供电力。所有队员的操作水平确实令人满意，软件操作和图像传输几乎无一落败。

最后，首次来京参赛的连云港爱好者队夺得冠军，北京626俱乐部获亚军，陈经纶中学获第三名。个人赛是今年的新增项目，也评出了有份量的大奖。

值得一提的是，这次赛后抽奖的奖品有一部分来自爱好者的捐助。有云南HAM不远千里送来的特产螺旋藻，还有北京HAM捐助的法国红酒等。他们虽不能亲身参加比赛，但特意事先将纪念品送到协会总部。这不仅仅是一份礼品，而是爱好者对协会总部活动的一片挚诚、一份热情和一点支持。

连续四年的竞赛，从小到大、从无到有，比赛的名次并不重要，夺奖也不是最终目的，而把无线电技术转化成回报社会的能力，在真正遇到突发事件的时候，能组织起一支队伍，在城市通信体系受到破坏时，在政府处理抢险工作之初能起到通信保障的作用。**作为一支常备不懈、特殊的后备队伍——这就是连续举办四届“探路者杯”应急通信演练赛的意义所在！**

新机使用评测

IC-91A/91AD 使用报告

文/杨 法(BD4AAF)

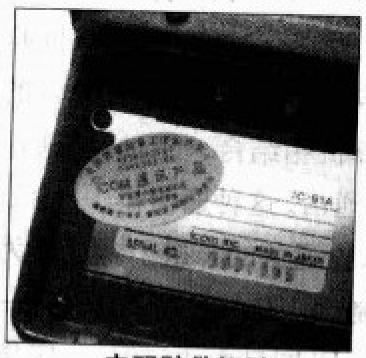
ICOM公司推出了新一代的IC-91A/91AD 144MHz/433MHz双频段手持对讲机，给业余电台高端器材市场注入了新的活力。笔者试用了该机型，现将个人的使用感受写出来，希望对正在关注IC-91A/91AD的朋友有所参考。

与ICOM公司的上一代手持产品IC-T90A相比，IC-91A/91AD提供了真正的双频双通道配置，达到了目前高档手持机的基本性能标准，同时IC-91A/91AD也带了自己的“绝活”——D-STAR数字通信模式（IC-91A需要通过安装选件来实现），一举成为业余电台市场上耀眼的明星。

目前市场上ICOM、KENWOOD、YAESU三家业余电台巨头推出的高端手持电台各具特色，三足鼎立。ICOM公司的这款IC-91AD具备D-STAR通信模式和电脑控制界面，KENWOOD公司的TH-F6A/F7E具备单边带/CW接收能力，且接收频率最高可扩展到1300MHz，YAESU的VX-7R具备IPX7级防水性能和支持气压测量组件。

IC-91AD简单地说就是配有UT-121模块的IC-91A，IC-91AD与91A目前市场的差价在1000元左右，也正好是该模块的价格，而IC-91A的市价基本与YAESU VX-7R持平。UT-121模块就是实现D-STAR数字语音通信的核心，也就是说IC-91A在未装载该模块的情况下没有D-STAR的功能。IC-91A与91AD在外观造型、电池、天线完全相同，所有配件完全通用，甚至它们的开机画面都显示“IC-91A”。IC-91AD与91A的明显不同之处只在主机外壳的字标上：IC-91AD使用了“D-STAR”的字标，而IC-91A则使用了“DUAL BAND” 的字标。对于预算有限或者对D-STAR模式暂时不需要的朋友可以选购IC-91A，以后有需要了再购买UT-121模块进行升级，可谓“分两步走”，保留升级的潜力。市场上可能还会看到ID-91、IC-E91的型号，前者是早期在日本销售的型号，后者则是欧洲销售的型号。目前国内已经有正规行货出售，简易识别方法是，在行货的主机上贴有绿色的ICOM通信产品电码防伪标贴，行货在国内保修更有保障。

IC-91A与IC-91AD

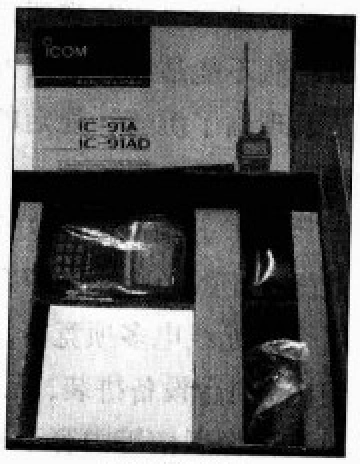


电码防伪标贴

（以下IC-91AD简称91AD，IC-91A简称91A）。

包装与配件

厂家为91AD提供了一个小巧的瓦楞纸板包装箱，这种包装不含发泡材料，可方便环保地回收与循环利用。包装内包含主机、7.4V/1300mAh电池、天线、皮带卡、手绳、墙式充电器、说明书（英文）和说明文件。有的经销商还会额外提供繁体中文版的简易说明书。ICOM公司为91AD提供了丰富的选配件，如表1所示。



91A的包装

由于渠道和销量的因素，该机原装配件的价格目前还比较高，一块BP-217 锂电池或BC-139 快速座充的价格都接近500元。不过好在91AD的外接扬声器/话筒插孔与大多数ICOM商用对讲机通用，所以我们有更多国产型号的耳机话筒选择，包括国产的一些喉麦和空气导管耳机。市价200多元的OPC-1529R电缆内部没有电平转换电路，直接连接数据端子和RS232串口就能工作，有动手能力的无线电爱好者DIY也比较方便。

表1 91AD

BP-217 锂离子电池	7.4V/1300mAh，与机配电池相同
BP-216 电池盒	2粒AA(R6)碱性电池，输出功率0.1W
BC-139 桌上型快速充电器	充电时间缩短到约为2.5小时
HM-75A 遥控扬声器话筒	
RS-91 控制软件	配合OPC-1529R 电缆
OPC-1529R 连接电缆	RS-232C型PC/GPS电缆
UT-121 数字单元	数字单元提供D-STAR数码功能 IC-91AD已经内置该单元码片
LC-163 便携外套	
CP-19R 车载充电器	
OPC-254L 直流电源连接线	

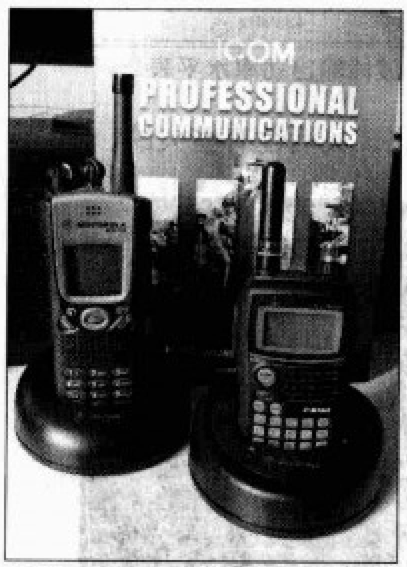
www.radio.com.cn

防水特性

91AD的防水等级是IPX4。IPX4属于“可防全方位的溅水”，通常工业测试此等级的方法是距离300mm～500mm、以10L/min的速度全方向向机器放水10分钟，而IPX7级测试条件则为“水下1m、30min”。

外观与操作

7R、91AD、F7外形对比



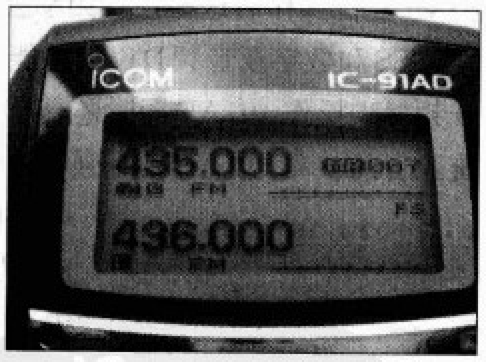
91AD与警用对讲机外形对比

91AD采用人体工程学设计，把持度很好，与VX-7R和F7/F6相比略大略厚一些。91AD定位于业余“玩机”，外形给人矮胖的感觉，整体采用流线型设计，没有显著的棱角，没有传统军警用对讲机瘦长条的威严外形。91AD的PTT行程较长并覆盖橡胶，弹力十足，手感良好。机壳采用金属材质，很有分量，给人坚固耐用的感觉。金属的机身有很好的散热能力，连续发射不久，你就能感觉其温度的上升。通常金属机身最容易出现的问题是掉漆，尤其是碰到手汗严重的用户。目前91AD新机器看上去不错，是否容易掉漆最终要用时间来检验了。91AD在显示屏下方和旋钮上均有银色的装饰条，确实很好看，但时间久了不知如何。91AD机壳上没有预留安装手绳的位置，按照说明书的提示，手绳只能串在皮带卡上。

91AD机身左侧是PTT和静噪按钮，右侧是2.5的数据I/O接口和外部电源/充电接口。顶部有SMA天线接口、耳机话筒插口组以及一个同轴的音量和步进旋钮。所有不常用的I/O接口都覆盖有橡胶盖，起到防水防尘的作用。91AD的电源开关位于机器的正面并不太起眼，91AD为电子开关，在关机状态下甚至可以通过RS-91遥控软件开启。笔者测量了一下，该机在关机状态下有0.6mA的待机电流。

91AD主面板

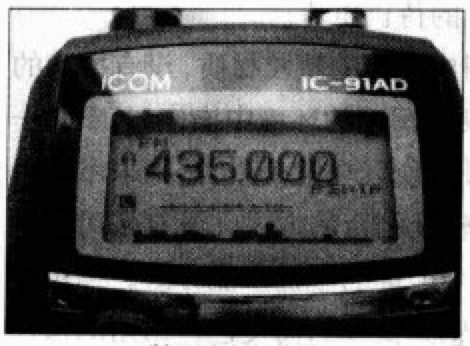
91AD的功能按键采用半透明的塑胶材质，没有掉漆的隐患。绿色的背光系统方便在黑暗的环境中操作。ICOM一直不推荐复杂的全菜单操作，所以在91AD机器上采用常用功能独立一键操作和菜单辅助结合的方式，没有采用日系对讲机中广泛使用的带F功能键的一键多能方式。当用户熟悉了这种控制方式后会感到操作的简便性，常用的操作不用进入菜单。在菜单操作方面91AD利用2、4、5、6、8这5个数字键构成上下左右以及确认导航系统，可能因为这些数字键埋没在数字键盘中，初上手的用户会感到比较陌生，好在键盘上有图标提示。如果像KENWOOD F6对讲机那样设计成独立的摇杆可能会更容易操作。在91AD的PTT键下只有一个SQL键，没有常见的背景灯光控制键。绿色的背景灯光是通过菜单来选择关闭还是自动开启模式的。在背景灯光的控制上，91AD提供的设定不是很多，不提供颜色选择，不提供灯光延迟时间调节（默认为5秒）。SQL键用来调整静噪水平和打开监听模式，SQL共提供9级静噪水平以及AUTO自动模式，在比较好的电磁环境中，LEVEL 1就能控制住噪声。经过笔者测试，在436.000MHz频率下AUTO自动模式的静噪开启灵敏度为-122dBm，LEVEL 1静噪开启灵敏度为-114 dBm，LEVEL 9静噪开启灵敏度为-104 dBm。一般用户选用AUTO自动模式就能很好地控制静噪水平。91AD还提供一个高频信号衰减器功能（通过菜单开启），开启后显示屏左下角会有ATT字样提示，该功能在信号过强或者电磁环境恶劣的情况下比较有用，比单纯提高静噪水平效果好。



91AD显示屏

91AD采用较大面积的点阵液晶显示器（37.8mm × 20mm），虽然没有采用时髦的彩色液晶屏，但在节电和阳光下的可视清晰度都是比较好。由于是点阵显示，所以显示内容比较灵活，菜单字符大小也可以选择。91AD虽然是支持双频双通道工作的，但也可以切换成单通道工作，此时显示屏为大字符显示，相信这也是用户对这款机型熟悉以后比较常用的模式。在显示屏幕上可以显示频率、频道号、信号强度表、工作模式、电池状态等信息，并可追加简易频谱显示，所有的显示项目都将根据显示内容的多少自动调整位置及大小。

91AD具备简易频谱显示的功能，它通过快速扫描周边约30个频率点的场强情况，形成柱状频谱图，这种简易频



简易频谱显示

谱有单次扫描和循环扫描两种模式。由于接收机动态有限，所以性能不高，但至少可以可视化地监视周围频率的占用状况。

工作频率范围

91AD的工作频率范围是大家所关心的，为了符合不同国家和地区的无线电设备使用规定，不同的版本通过机器内部硬件预置限制了不同工作频率范围。目前国内销售的91AD限制比较小，发射范围为137MHz～174MHz和400MHz～470MHz，发射覆盖的409MHz频段是很多人愿意听到的。接收信号范围91AD的A波段为495MHz～999.990MHz，B波段为118MHz～174MHz、350MHz～470MHz。接收模式支持FM、AM、WFM、FM-N(窄带模式，B波段支持)、DV(D-STAR模式，B波段支持)。91AD提供1300个存储信道的位置（A波段 850个存储信道，B波段 450个存储信道），可以按照A～Z字母顺序分组管理，91AD的A波段和B波段的存储信息相对独立不能通用。为了符合传统操作习惯，不容易感觉出A/B波段存储器的差异，很多用户只能在AB波段的对应位置分别存入相同的内容。好在ICOM提供了RS-91软件可以方便地编辑频道列表，操作起来就像OFFICE软件一样方便。大家所关心的DV模式只能工作在B波段，这也说明91AD不能双DV信道实时监视。91A在A波段内置有短波广播的频率，但如果用户做All Reset复位操作后这些预置频率会消失。91AD内置亚音频CTCSS和数字亚音频DTCS功能，用于访问中继台或用于音频静噪操作。91AD同时还具有亚音的扫描功能，用于系统亚音的侦测。91AD具有强大的存储分组调用功能，用户可以将不同用途的频率分组存放，方便单独调用。同时91AD内置有天气状况通播频率（美版）和电视伴音频率（天气频道国内无法接收到有效信息）可以直接调用。

表2 91AD发射性能

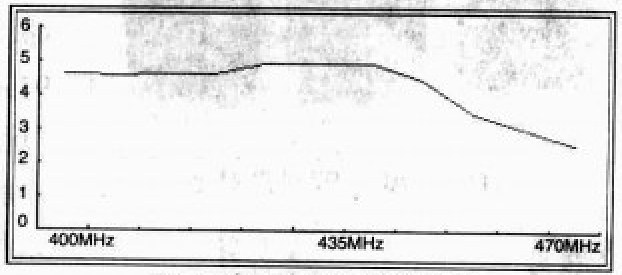
频率	功率挡	功率W	电流A
140MHz	H	3.82	1.77
	L	0.48	0.85
144MHz	H	5.00	1.85
	L	0.58	0.90
145MHz	H	5.10	1.85
	L	0.62	0.89
146MHz	H	5.20	1.82
	L	0.68	0.86
174MHz	H	1.40	1.77
	L	0.15	0.9
403MHz	H	4.65	2.17
	L	0.56	0.85
430MHz	H	4.98	2.11
	L	0.61	0.77
435MHz	H	4.99	2.12
	L	0.61	0.81
440MHz	H	4.99	2.05
	L	0.62	0.78
470MHz	H	2.56	1.34
	L	0.47	0.61

发射性能

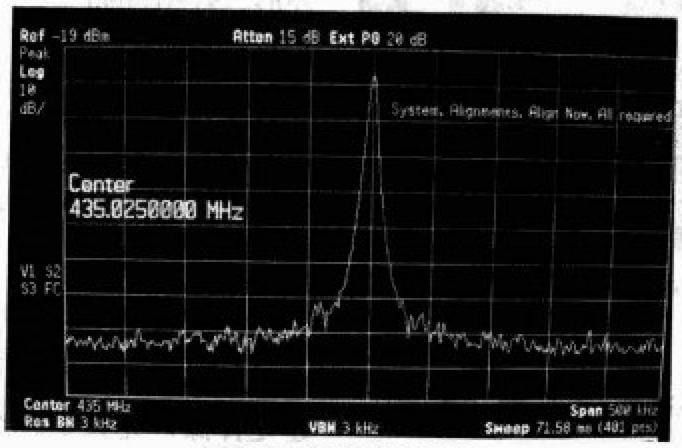
91AD标称在VHF和UHF发射功率为大功率5W，小功率0.5W。笔者作了一个实际的测试结果如表2所示（测试设备：综合测试仪R/S CMS52，直流电源菊水PMC18-3A，电压7.6V相当于电池电压水平）。

由此可见，在业余波段上，输出功率还是比较足的。91A/AD只提供大小两挡功率发射，高功率为5W，低功率为0.5W左右。这与一些提供3挡甚至4挡发射功率选择的对讲机相比，灵活性有些欠缺。

2m波段输出功率水平表



70cm波段输出功率水平表



430MHz波段发射频谱

接收性能

笔者测试了一下91AD A波段在V/UHF频段的灵敏度，如表3所示。

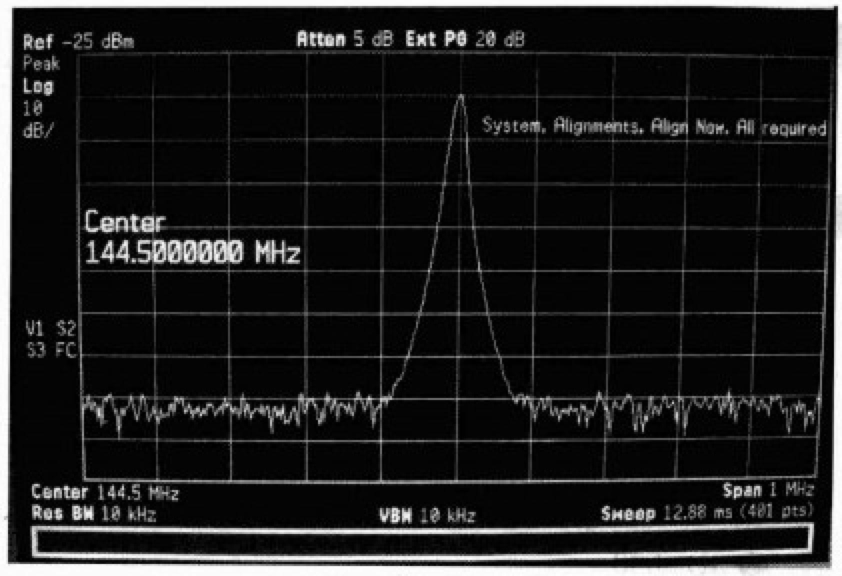
单频待机电流120mA，双频待机电流200mA，在节电状态下功耗将降低。

可见91AD的接收灵敏度在业余波段相当不错，整个137MHz～174MHz和400MHz～470MHz频段保持比较平坦的灵敏度水平。91AD虽然灵敏度高，但在复杂电磁环境中的抗干扰性能一般，其内置的衰减器可以在一定程度上提高机器的抗干扰能力。

表3

频率MHz	灵敏度dBm
118.025	-120
135.025	-110
140.025	-122
145.025	-122
148.025	-122
150.025	-121
170.025	-125
365.100	-115
380.100	-116
400.025	-119
430.025	-122
435.025	-122
440.025	-122
450.025	-121
469.025	-119

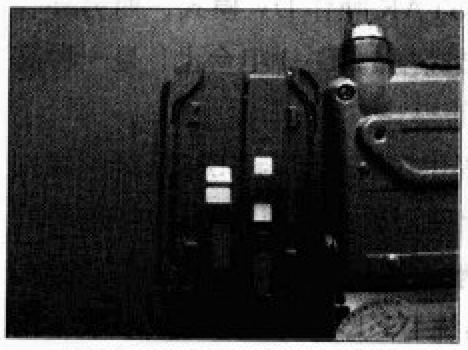
笔者测试的这台91AD信号S表S2为-111dBm@436MHz，满表为-105dBm@436MHz，显示范围比较小，很容易满表，给人带来灵敏度很高



144MHz 波段发射频谱

的感觉。而一台VX-7R信号S表S2为-113dBm@436MHz，满表为-95dBm@436MHz，显然显示动态范围更大。（因为S1为静噪开启即显示，与接收信号强度无关，所以我们选用S2作为起始参考点）。

91AD接收调频广播性能虽然不能与专用的调频收音机相比，但接收灵敏度还是不错，音质很好，扬声器中音饱满。一般即使配短天线收本地的强台，效果还是不错的，机器内的ATT衰减功能对付过强的信号输入有一定作用。



TR与91AD电池触点对比

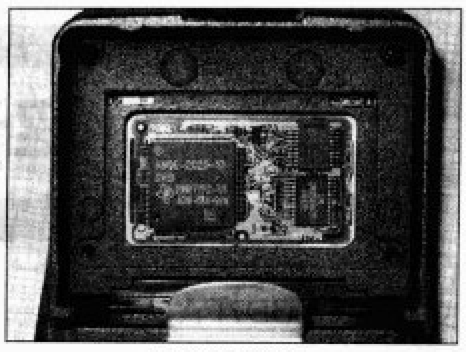
91AD接收短波广播方面配合原配天线，只可以收到少数极强信号的短波广播电台，用手握住天线上部有助提高接收效果。建议配一条1m～2m的线天线就可以较好地接收短波广播，输入信号不能过强，否则容易引起过载，要善用ATT功能。

91AD接收中波广播方面，由于没有内置磁棒天线，所以完全要靠机配天线，一般收收本地的强台还是可以的。

天线与接口

原配的天线FA-S270C长约177mm，相对机身高度还算协调。由于要兼顾多个波段，所以其性能一般，对于发烧友来说，可能会换用便于携带的短天线或者DIAMOND、北辰等更高发射效率的“补品”天线。91AD的天线座采用目前比较流行的SMA接口，但它的接口较高，配合原厂天线是没有问题，但如果用户要选用第三方天线，则很容易出现天线与主机留有缝隙的情况。解决这个问题一种可以采用垫橡胶垫片（不少天线赠送的附件）的方法，另一种比较“暴力”的方法就是将天线插口锉低一些。

电池与供电



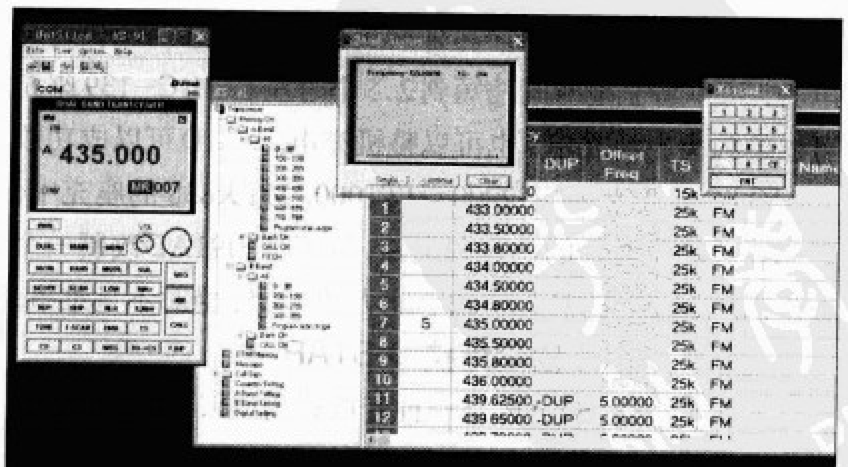
UT121 模块

91AD支持电池、电池盒、外部供电。91AD原配电池标称为7.4V/1300mAh，同体积的VX-7R电池几年前已经把容量从1400mAh提高到1500mAh了，看样子ICOM的电池还有升级的空间。该电池目前国内尚无仿制的兼容电池。鉴于原装电池的昂贵，有一些用户尝试用二手YAESU VX-6R/7R的电池改制（改变电源输出触点位置并修整突出物）并取得成功。ICOM提供BP-216电池盒，采用2节碱性电池通过DC-DC升压电路为机器供电，虽然使用该电池盒时，91AD发射功率被限制在100mW内，但用于收听则没有问题。91AD外接电源范围为10.0V～16.0V，可以使用汽车接电器（12V系统）或者外部稳压电源，当电源电压升高超过14V时，为了保护机器，输出功率会被限制在0.5W左右。

实际使用中，如果工作在单通道接收模式下，在无信号时待机电流为120mA，启动省电模式（自动模式）后电流下降到60mA～80mA的水平，正常接收信号（中等音量）实际耗电为160mA左右，电池的总容量为1300mAh。

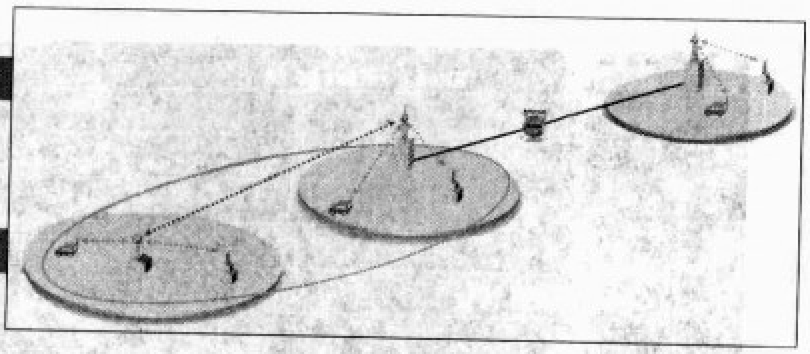
91AD通过一个电池标志的几种形态来标志电量，并不像一些机器直接提供数字电压数值显示。笔者随机抽取了市场上2007年11月销售机器的随机电池，经过三次充电循环，用电池分析仪按0.2C放电率放电，得出的电量竟然远超出1300mAh，与一块标称1500mAh的VX-7R电池相当，难道ICOM公司升级了电芯但依然“厚道”地使用原来的标签？

使用原包装中原配的墙充充电大约需要6个小时，即使在关机状态下利用机身充电口充电时屏幕上也会有电池闪动的标志，说明正在充电。6个小时的充电过程被很多用户



RS91 软件界面

解读 D-STAR



文/黎海（BD7PA）

前几天夜宵的时候，有几位新HAM友加入，几杯黄汤下肚，三句不离老本行，便说起了最近HAM界的热话：ICOM新制式！这下可让大伙们来了兴趣？立即追问到底是什么新制式。毕竟是HAM，谁不知道FM/AM/SSB/RTTY/CW这5大主流制式，虽然常用，但也未免让弟兄们落得个枯燥苦闷。随着话题一说，原来指的所谓“ICOM新制式”，就是指“D-STAR”这个最近火热的业余无线电通信专用的数字通信制式和标准。模拟了这么多年，数字时代的来临，早就让兄弟们摩拳擦掌，誓必D-STAR火上一把！

电影《集结号》让弟兄们都不约而同地看上了火，竟然把PA唤作指导员，要我无论如何来上一段D-STAR，让大伙扫扫盲。想起2006年前笔者便上了D-STAR的设备，这期间投入的精力和时间也不少了，就来上一段吧。

首要问题，D-STAR在中国的HAM用合法性。D-STAR是专门针对业余无线电通信所开发的专属制式，就像FM、AM、SSB一样，可以理解为它们之外的一种新的调制方式。但并不存在某些传言中，认为是一种先进的HAM用加密通信手段，存在数字加密算法通信的说法，而是属于开放性公开标准的明码数字处理技术，因此在中国，属于合法的HAM用通信标准。D-STAR系统白皮书也可以在网络上找到。

具备D-STAR数字通信标准的机型有哪些？（含可加D-STAR组件机型）

- IC-91A、IC-91AD
- IC-92A、IC-92AD
- ID-91、ID-92
- IC-V82、IC-U82
- IC-2200H
- ID-800
- IC-2820DG、IC-2820H
- ID-1

支持D-STAR数字通信标准的机型都能够做些什么？

D-STAR的机器都能够支持模拟、数字制式随心切换，高端还能够同时支持模拟和数字制式同时收发，但不能同时均为数字模式接收或收发。

D-STAR制式在电台上使用DV作为标示，等于FM/AM，因此也有朋友把D-STAR唤作DV模式，而另外一种叫DD的模式仅出现在最高端的ID-1电台上，是一种高速无线网络连接的专属通信模式。

数字语音通信服务，提供主观感觉与GSM系统同级别的数字语音还原质量。如果使用模拟机器收听，数字信号的声响就是如同打开静噪一般，类似于“哗哗哗”的白噪声。

数字自动位置报告系统DPRS，就是纯数字版本的APRS，利用先进的透明协议技术，实现输出两大主流数据输出的格式标准，这意味着你将可以实现以下两大最需要的功能和目的：

■ **输出标准APRS数据格式**，能够与现在和以往传统的APRS软件实现 100% 完全兼容、100% 功能完整性的对接。实时把通话方直接显示在电子地图上，并按需生成运行轨迹。

认为时间太长。如果用户另外购买BC-139 桌上型快速充电器，可以将充电时间缩短到2.5小时左右。BC-139座充可以单独为电池充电，也可以整机充电。91AD可以成功放入MOTOROLA MTS2000/HT1000/MTX838的座充中，只需要改一下触片的位置和电路，就不难为91AD改制一个廉价的座充了，这对于有动手能力的HAM绝对不是难事。

独门绝技 D-STAR

91AD的D-STAR是一种开放式的协议，也称为DV模式，是91AD最大亮点。91A需要安装UT-121选件才能具备上述特性。安装UT-121用户无需完全打开机壳，在电池板的下面拧下两颗螺丝就能卸掉金属盖板，下面就是安装UT-121的舱位。

遥控操作与软件

91AD配合RS-91软件和OPC-1529R 连接电缆实现电脑对它的全控制，该软件还可以强化D-STAR功能，如自动记录呼号，在电脑上发送和接收短信息（最大20个字符）。RS-91软件不仅是控制软件，还是管理软件，除了可以方便地进行频道存储管理外，还可以改变不同区域的电视伴音数据，其中就包括中国地区标准的数据。OPC-1529R 连接电缆为串口线。

www.radio.com.cn

■ **输出标准NMEA数据格式**，能够与以往传统的GPS应用、电子地图、GIS地理资讯管理系统实现100%兼容性、100%功能完整性的对接。实时把通话方直接显示在电子地图上，并按需生成运行轨迹。

慢速数据传送服务。拥有D-STAR数据通信标准的所有机型，都是一台无线调制解调器，提供4800bit/s的传送带宽。打开电脑自带的超级终端或其他你喜欢的类似软件，设个串行口、波特率等，就可以像一个公开的Q群一样，大家通过设定到同一个频率，然后通过文字一起聊天，文字的好处是即使对方不在，也能够留言并被对方所接收（开着电脑的前提下），或是传送各种格式文件、架设无线信息交换平台（wBBS）。

所有D-STAR的机型都是数据传送的基础平台，因此，它们都可以连接上不同的二次开发系统用于遥感指令和状态传送和接收（相对而言，成本比专业无线电MODEM电台更低）。

短信息功能和GPS专属状态信息功能，以上两种信息功能均能够在通信过程中自动传送，并能够在对方机器上立即显示，这得益于D-STAR数字技术的话音数据同传服务，也可以用于向对方发送留言，你也可以在编辑完成后，选中相应内容，直接按一下发射键即可全自动发送。

IC-2820H、IC-92AD增加的专属地理资讯系统及内置GPS接收机，能够即时在机载屏幕上显示出自己的GPS坐标、航向、高度等数据，也能够实时显示通话方的位置坐标、距离、相对方向，提供了完整的远程定向通信基础数据服务、应急通信定位服务，为业余无线电应急通信提供了坚实基础。

ID-1增加的专属高速无线网络接驳功能。ID-1提供了新的数字接驳模式，称之为DD模式，作用是提供高达128kbit/s的 ISDN 2B级别数字专线带宽，在主机上更是史无前例地提供了最普通的LAN以太网接口，让ID-1摇身一变成为高达10W高输出功率的无线网桥，这个功能令ID-1成为现今业余电台中最让人感到耀眼的新星。其接驳的方法仅需要在电脑的网卡后，插入ID-1 LAN口即成，ID-1的角色是透明的，可以简单地理解为："饰演一条网线"，你可以使用任何喜欢的操作系统和网络软件，基于128kbit/s 的带宽足够让你进行网络视频会议、SkyPE、MSN、QQ方式的通信，上www.qrz.com查询资料，电台日记之间的比赛动态连接和浏览网页，甚至 BT……

D-STAR中继系统的网络特性。D-STAR的中继系统，型号以IC-RP为前缀命名。由于D-STAR为数字制式系统，因此，增加与国际互联网络的数据电路交换功能，任何D-STAR架设的地方都可以通过网络进行连接，

ID-1

并能够和终端（D-STAR设备）实现选呼对接，用于控制呼叫的中继落点，成为一个继EchoLink之后最成熟的真正国际互联HAM用中继网，BD7PA更愿意把这种功能用于服务网络和业余无线电数字通信终端的中继系统称为无线路由器，而非中继台；而每一台终端，应该称之为真正的网络电台。

D-STAR数字制式系统的"最后一公里"或级联问题。ICOM为D-STAR还提供了另外一套工作于10GHz的微波传送站，这是一套带宽高达10Mbit/s的远距离无线网络接入、级联解决方案，用于解决"最后的一公里"或级联问题，因为很多中继设台的理想地方，要提供国际互联网络接入服务几乎都是一件非常困难的事情。虽然很多朋友并未有感觉或对此需求产生迫切性需要，但是，新科技应用和解决方案总是走在实际需求的前缘。

KENWOOD TMW-706s

D-STAR不是ICOM的专利，也不是它的专属产品，但是，无疑ICOM是敢于尝试和愿意迈出第一步的先行者，敢于吃螃蟹的第一人。

D-STAR就像FM、AM等模式一样，任何品牌都可以自由生产对应的机型，KENWOOD TMW-706s D-STAR就是例子，D-STAR是一个新的开端、一个新的平台，提供了以往模拟系统所不曾拥有的优势和功能，随着D-STAR的诞生，VHF/UHF频段长期处于FM通信模式的垄断地位终于被打破了，把VHF/UHF段的业余无线电通信推向了新的高峰，还将描绘出新的艳丽色彩。

对讲机配件选购谈

文/聆 听

当我们拥有了一部电台，那么可以继续为它花钱的地方就是购买一系列选配件。通过对电台加装选配件可以对电台的功能、性能进行扩充和提升，所以有人称为电台添加选配件为“进补”，而高性能的选配件也被称为“补品”。

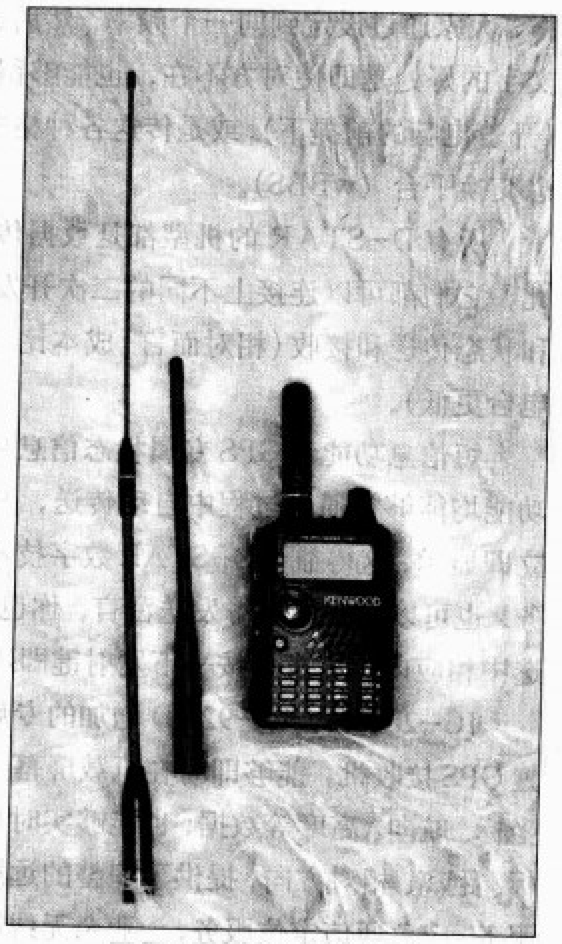
电台生产厂家通常会为其产品推出一系列的选配件，以满足特定用户的应用需求。电台的选配件有原装和第三方兼容产品之分。一般所谓原装是指该选配件是由该电台生产厂家出品的、并在产品选配件附录中列出的产品。原装选配件最大的优势是能与电台完美的结合，不用担心兼容性问题，通常大品牌电台厂家的产品质量有所保证，不会对电台本身造成伤害，但缺点是通常原装选配件价格比较高，有时还不太容易买到。第三方兼容产品则是按照通用标准或者针对某款机型要求制造的部件，都是由其他公司设计制造的。第三方兼容产品涉及的范围比较广，有批量需要就有商家会考虑生产，很多第三方兼容产品涉及的新功能、新应用连原装配件都望尘莫及。第三方兼容产品高低档次落差巨大，优秀的产品可能在性能和价格上都超越原装选配件，当然也有一些劣质的低价货和仿冒产品，本着低价能用的原则产品质量很难保证，性能会与说明资料严重不符。

常见的电台可分为手持机（以下简称“手台”）和固定台，其选配件的类型不尽相同，本文着重介绍手持机所用选配件的情况，使大家对手台选配件的作用和适用范围有个感性的认识。常见的手台选配件有：天线、充电器、电池、外套、耳机话筒、编程电缆／软件、功能组件、加密选配件、功率放大器等。

天线

厂家在设计手台标配天线时都从性能和外观的综合考虑，寻找平衡点。这在以单频段为主的专业机中比较好解决，但对于工作于多个波段的业余电台产品时就比较困难了。通常多波段工作的业余机手台为了照顾低波段的收发性能将天线设计得比较长，这就与天线的便携性和小巧的电台机身产生了矛盾。大部分最终用户在购买电台时追求大而全，但实际使用的时候会主要工作于单一频段，随着使用的深入，用户会对天线的便携性、外观、发射效率提出更高的要求，这时就需要另外考虑标配以外的天线。

对于使用MOTOROLA专业机的业余无线电爱好者，一般都有原厂高增益的长天线或者便于携带的短天线供选择。由于MOTOROLA多数常规手持对讲机都不采用SMA接口，所以很难配到国外第三方专业厂家专为业余频段设计的天线，国产仿原装外形的天线很容易购到，且价格低廉，但缺点是柔软度比较差，尤其在低温的环境下，而且增益也略低一些。



配用不同长度天线的手台

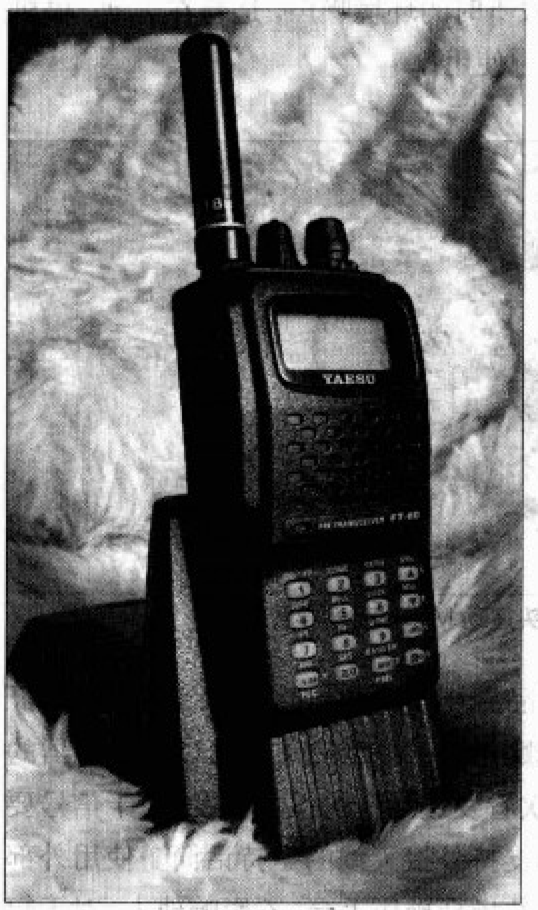
手持业余电台销售时都配有标配天线。出于对性能和功能的需求和兴趣，也有些爱好者有换天线的意愿，讲究便携性的爱好者希望宁可牺牲一点增益也要使用短小的天线，喜欢通信信号强劲的爱好者追求高增益的长天线。除业余电台生产厂家所提供的天线选配方案外，无线电爱好者还可以选择第三方天线厂家的产品，在国内市场上DIAMOND、北辰是认知度比较高的两个进口品牌，其业余电台手持机天线方面已经成系列化，从3cm左右便携型超短天线到40cm以上高增益超长天线，适合不同用户的需要。通常天线越长，增益越容易做高，天线的长度和增益是“鱼与熊掌不能兼得”。国内有很多仿制的DIAMOND天线，俗称“仿钻天线”，虽然外形类似，但性能就很难保证。

*需要提醒的是，很多使用SMA天线接口的商用专业机与业余电台常用的SMA天线接口公母正好相反，所以很多天线不能通用。

www.radio.com.cn

充电器

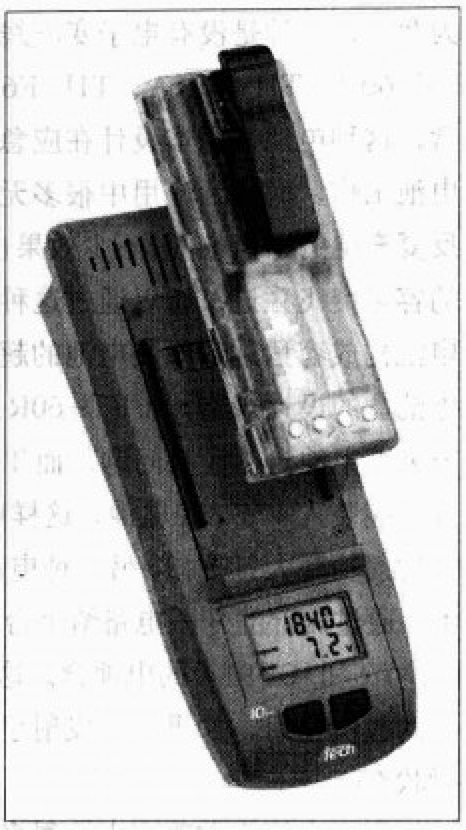
充电是每个对讲机用户都将遇到的问题。通常厂家标配给业余电台的大多是墙充。墙充实际就是一个变压器，给手持机以外部电源，然后利用手持机内部的充电电路给电池充电。这种充电器对于厂家来说成本是最低的，而且充电电流不大，所以通常使用这种“标准”充电方式会需要好几个小时。大部分手持对讲机厂家都为其设计了座式充电器（简称“座充”）。座充的优点是不需要利用电台内部线路为电池充电，而是直接通过电池块背后的充电端子对电池充电，通常座充同时也是快速充电器，2～3小时就可以完成充电。由于不需要利用电台内部线路为电池充电，大大降低了电台电路的故障率，同时不再需要反复插拔手台的供电端子，对于手台的外部电源接口以及保护橡皮盖的寿命都大有益处。座充另外还有一个作用是可以使手台更稳当地“立”起来，成为手台一个理想的“窝”。充电器的好坏直接关系到充电效率和电池的寿命与安全。所以原装的充电器虽然贵些，但性能比较有保障。原装的中高档手台座充大都有充满自停功能，而且还有充电状态指示，充电的时候高效省心。而很多仿制的廉价座充可能外部与原装货很像，但内部电路非常简单，只能提供慢速充电，不具备充满自停功能。



配座充的 FT-60R

为了方便有车一族在车上利用点烟器充电，车充是非常实用的工具。长途旅行户外宿营不再需要为手台充电寻找市电电源而烦恼。

对于一些器材发烧友来说，电池充电已经不是单纯的充电操作，而成为一种享受与乐趣，通过充放电将电池容量慢慢恢复，看到电池真实的容量和充放电曲线都会有一种成就感。这样的发烧用户就需要高阶的充电器或电池分析仪。高阶的充电器具备充放电电压、电流、容量等信息的显示，充电方式也更科学，有的通用型充电器还可以由用户设定充电／放电的电流大小和充放电曲线显示（需要连接电脑配合软件完成）。MOTOROLA低端的有维护型充电器，高端的有BSM（Battery Maintenance Systems）充电器和更高阶的MOTOROLA（Battery Optimizing System II）BOS系统。iTech的产品也很不错，该厂还为很多通信公司OEM高档的充电器。此外很多充电发烧友还会考虑早期高档移动电话充电器，如飞毛腿的101、103系列，或者模型充电器。中档的模型用多功能充电器，市价在500元左右，性能不错，支持镍铬、镍氢、锂电池，对于对讲机电池来说是“通吃”的万能充，还能显示充电电压、电流、容量等信息。



iTech 具备电池容量显示的维护型充电器

MAHA MH-C777Plus II 通用型充电／电池分析仪

电池

俗话说“有备无患”，手台也是这样。对于初级用户，当你发现手台电池不足的时候已经来不及了，在没有替代电源的情况下只能停下来充电，而这个充电过程少则1～2小时，多则6～8小时，要有急用的情况下只能干着急。如果你准备了一块备用电池，那么问题就都迎刃而解了。最理想的备用电池就是和随机标配电池一样的原装电池，它与标配电池交替使用非常方便。为了给备用电池独立充电最好配合座充或者万能充。当然一块原装电池可能价格不非，但很多情况下物有所值。

很多手台厂家还设计了电池盒作为选件。电池盒也分

为两种，一种是没有电子变压线路的电池盒，典型产品是FT-60R、TH-G71A、TH-F6A/F7、C150/450的电池盒，这种电池盒原本设计在应急情况下使用一次性的碱性电池工作，而实际应用中很多无线电爱好者直接使用可以反复充电的镍氢电池，不少效果也很好。由于现在镍氢电池的容量突飞猛进，所以通过这种电池盒可以和大容量镍氢电池构成容量远超原装电池的超级电池块。当然这也要看电池盒的设计规格，如FT-60R、VX-177的电池盒放入6节AA电池自然没有问题，而TH-G71A的原装电池盒设计只能装入4节AA电池，这样电压偏低，收听没有问题，但发射功率大打折扣。另一种电池盒是使用2节AA碱性电池，通过内部的升压电路给手台供电，典型的产品有VX-6R/7R和IC-91A的电池盒。这类电池盒主要供应急情况下的收听使用，如果用于发射手台会自动降低成小功率发射状态。

市场上第三方兼容电池很多，廉价货在品质方面很难保证，但也有质量不错的名牌货，如华星、泉顺等。还有一些来自HAM小作坊专为HAM特制的电池，包括一些自制的锂电池块，能让原来只设计镍氢电池的中档手台也能用上锂电池，比如TH-G71、FT-60R、Saber的手工锂电池组。

外套

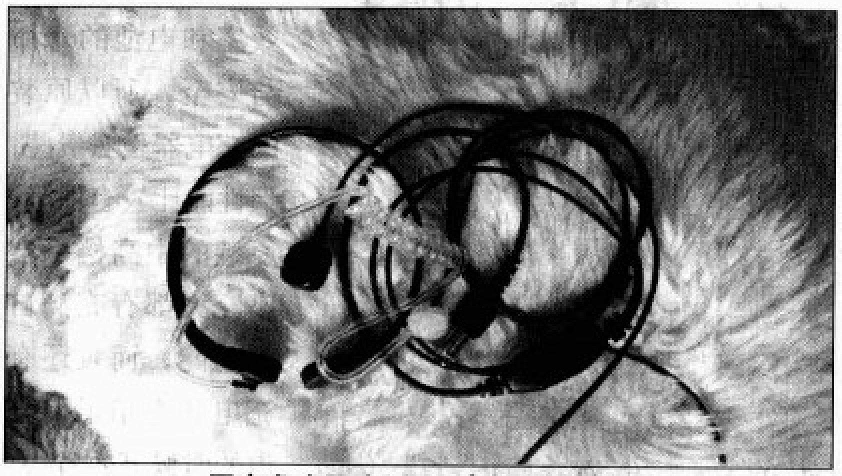
一种是保护皮套，一种是手台的携带外套。手台的软皮套类似移动电话硅胶套的作用，主要是防止手台外壳的碰伤。一般来说，使用聚碳酸酯外壳的手台，如MOTOROLA的GP300、GP88、GP338之类不会出现掉漆的情况，所以一般不需要保护软皮套。对于一些金属外壳手台，如VX-7R、IC-91AD存在掉漆的隐患，皮套能很好地起到防护作用。当然当手台套上皮套后美丽的外观也被遮蔽了，是否喜欢用保护皮套就要看不同用户的个性了。

携带皮套

携带外套主要用于外出携带手台提供一个专用的空间，防止手台放在口袋里与钥匙等硬物可能造成的摩擦。这类外套有皮质也有尼龙材料，有些可用于制服武装带上，替代手台的皮带卡的功能，安全系数更高一些。

耳机话筒

外接的耳机话筒组是手台扬声器和话筒的延伸。常见的形式有类似车载台用的手持话筒（含扬声器），类似移动电话用的耳机/MIC组（含PTT），空气导管耳机，喉头震动MIC（喉麦） 这些选件都是根据专门的应用设计的。手持话筒的优点是外观漂亮，省得把手台放在胸口甚至别在肩头。如果你在车内或者固定场合使用手持话筒还能感受一下固定台、车载台通信的感觉。头载耳机话筒如果配合VOX声控功能可以解放双手操作，空气导管耳机适合隐蔽收听，喉头震动话筒除了强力抗环境噪声外也有隐蔽操作的作用（国外很多电影里的安全特工人员都使用喉头震动话筒+空气导管耳机），类似于直升机飞行员带的高隔离度耳机，可以大大降低收听时的环境噪声，适合在工地、停机坪等极度嘈杂的环境中使用。



国产喉头震动MIC+空气导管耳机

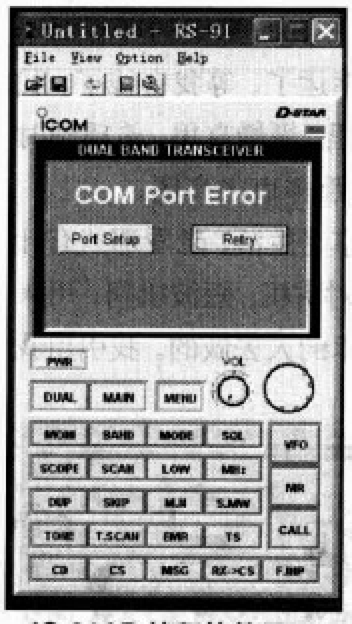
原装与组装的产品主要区别在制造材质、音质、使用舒适度和寿命方面。选购组装手持话筒首先可以看扬声器的音量是否足够响，其次看发送话音的保真程度。对于信号要求高的用户可以考虑支持外接天线的手持话筒。使用外部耳机话筒组方便在公共场合操作手台，不影响他人。对于辐射敏感的用户，使用外部耳机话筒组可以大大增加天线与头部的距离，减少对脑部受到的辐射强度。

编程电缆/软件

对于一些专业的机型，通过电脑编程是改变手台频率和参数设置的主要途径。对于支持机器面板设置频率的业余机型，电脑软件可以更方便地实现频道管理，有的产品如IC-91AD通过电脑软件还能实现遥控操作。对于有较多存储频道的用户频道管理和备份非常重要，一次通过手台面板输入上百的存储频率是非常麻烦的，相对在电脑上操作更显得方便高效。尤其是一些没有键盘输入功能的手台，如

www.radio.com.cn

VX-2R、3R之类，使用电脑管理频道还可以大大降低频率步进旋钮在设置频率时的使用率，从而延长手台的使用寿命。电台的编程软件针对性比较强，通常即便相同品牌不同系列的产品也都有自己的专用软件，互不通用。软件的功能也有不同，有频道管理、遥控操作、参数调整、维修诊断之分。有的软件可以免费下载，如KENWOOD的很多业余电台软件（TH-G71A TH-F6A/F7E等），也有作为商品需要独立购买的，如MOTOROLA、YAESU、ICOM的软件。还有一些无线电爱好者自己编制的软件，如VX-2R、5R、6R、7R的第三方软件，功能强大易学易用，很多用户都用得不亦乐乎，最主要目前不少这类软件都是免费的。



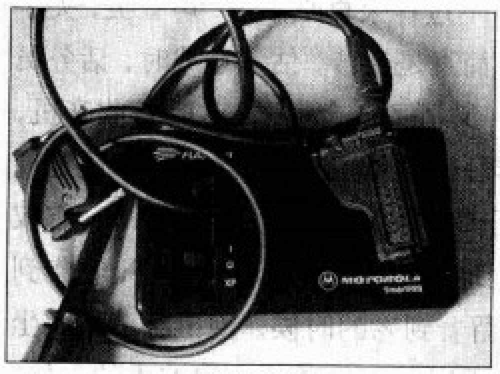
IC-91AD 编程软件界面

编程电缆虽然绝大部分原理上都是RS232/TTL电平转换电路，但由于具体接插口不同，所以也是专用的。原装的编程电缆通常比较难购买，价格也高。国产的一些仿制电缆效果也不错。有些机型对应的编程电缆有COM口（串口）和USB口之分。对于一些笔记本用户已经没有原生串口，使用USB编程电缆将更为方便。

功能组件

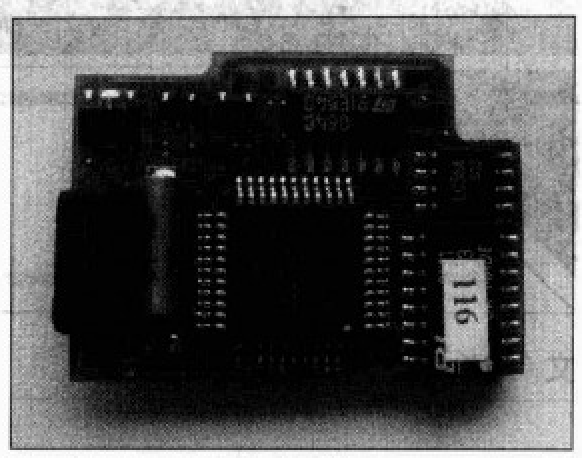
功能组件主要是各种功能扩展电路，常见的有CTCSS编解码片、DTMF编解码片、集群逻辑片、特殊功能片，都是根据应用的需要而提供的，常用于专业场合。

很多早期的对讲机内部不支持“亚音”编解码功能，为了适应在有CTCSS功能的系统中工作（如果有亚音识别的中继系统）就必须加装CTCSS编解码片。后期还有很多手台内置有CTCSS编码功能，但没有CTCSS解码功能，这样的机器上有亚音识别的中继系统已经没有问题，没有必要一定加装CTCSS解码片。当然现代的中高端手台已经全部内置DTMF/CTCSS编解码功能，不再需要相关功能选件片。


编程线缆

DTMF编解码片主要用于有电话接驳系统的通信网和双音频选呼的通信网中，在业余电台中的应用比较少。

集群逻辑片主要用于简易集群网中，多用于专业通信网，业余电台几乎用不到。

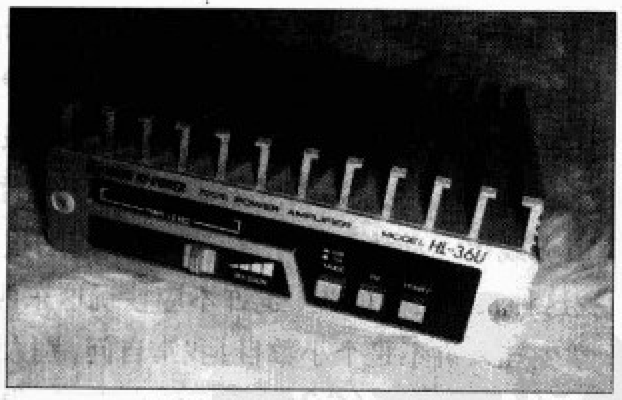

逻辑功能片

IC-91A的UT-121选件片和IC-V82/U82的UT-118选件片就是实现D-STAR功能DV模式的功能片。

友情提示：一般上中继只需要对应的亚音编码就可以，相当于一个“通行证”；亚音解码只是用来屏蔽非同组亚音的用户，相当于自己设立一个检查站来查验“通行证”，并不是必须的。

功率放大器

手台与车载台相比，最显著的差异就是发射功率，这直接与通信距离有关。由于手台设计为移动携带使用并考虑电池的使用时间，所以功率不可能很大。在固定场合手台要达到车载台/固定台的通信效果，就需要配合功率放大器使用。通过功率放大器可以将3W～5W输出功率的手台发射功率提升到25W～50W，达到车载台的水平，使用大功率的功放甚至可以提升到数百瓦的超大功率输出。功率放大器的主要参数是工作频率范围和输入输出功率。TOKYO HY-Power是业余电台界较有名气的功率放大器品牌，其产品覆盖很广，其中还有不少超大功率的产品。有些功率放大器除了有放大发射功率的作用外，还具备接收信号放大功能，可以提升手台的接收灵敏度。需要注意的是，市场上有些专业的功率放大器不具备收发切换功能，不能直接用于业余手台。功率放大器可以作为手台的扩展使用，但在价格上手台＋功率放大器的价格不比一台车载台便宜。



TOKYO 手台功率放大器

友情提示：业余电台使用功率放大器请在操作等级和电台执照核准的范围内使用。

电台心得

梦着我的梦

文/施瑜（BG4DIB）

> 我认为一个男人要么做很大很大的事，要么赚很多很多的钱，要么就玩很有很有意义的东西，而业余无线电就是很有意义的。

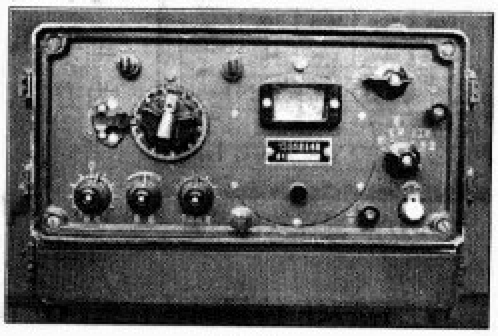
我现在可以说自己是名HAM了，一路走来，不能讲苦，用“爱你不容易”来形容是可以的。我认为一个男人要么做很大很大的事，要么赚很多很多的钱，要么就玩很有很有意义的东西，而业余无线电就是很有意义的。18岁时我开始接触真正意义上的业余无线电，至今已有3年，这当然不算老火腿，只是我会像很多老火腿一样一直保持着一颗奋进的心和一份不会褪色的业余无线电情缘。

我是在县城里上完高中的，其实那个县很发达，就是祖国第三大岛——崇明岛。我的业余无线电情缘来自《无线电》杂志，我的第一本《无线电》杂志来自二手书报摊上。那时的杂志记得是三块六，不带光盘。当时感觉这方面的资料少，无从下手，可我是多么向往能把自己的声音送人蔚蓝的天空啊。我常思考，很多事并不是我们不会做，而是不了解，说白了，不知道世上还有这玩意。教育学家陶行知说过：“作为一个真正想学习的人，没有书，他会想方设法找书看，没有实验器材，他会自己动手做。”是的，人有这样的心就足够了。

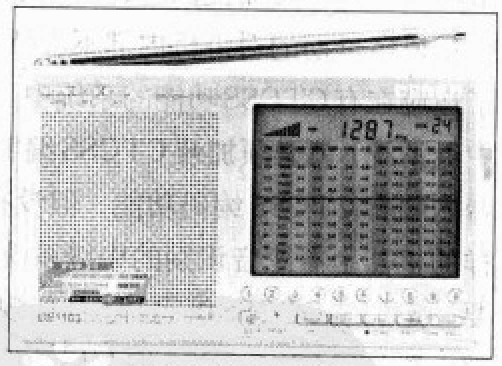
我19岁上大学，来到上海滩。亲戚们常鼓励我，人要努力，走出小岛在大城市中奋斗，努力生活，人应该往高处走，要有自己的目标。我一直奋斗着，来上海第一件事，我就去上海市无线电运动协会报了名，300多元的报名培训费。对于我这种农村出身的人，也许不应该玩这东西的，因为这对于学生娃来讲不是个小数目。我常自问，别人能拥有的，为什么我不能？因为我努力不够。培训完了，得到了四级操作证书，需要有对讲机并验机才能得到电台执照。我没有啊，又没有很多闲钱，只好硬着头皮向妈妈说要去买个对讲机。舅舅当时就骂我，说我要那玩意儿干什么。我说，那是有意义的事情，HAM圈子很广，不仅能结交到很多有理想的人，更重要的是，业余无线电是我的理想。我妈是支持我的，因为在她心里，她的儿子永远是最好的，不会瞎玩的。

上大学了，时间太多了，心都慌了。除了自己管自己外，没有人再过问了，因为是大人了。自己的路想怎么走就怎么走，反倒不轻松。我主要去图书馆看书，期刊中关于无线电、电子一类的很多，那些书刊即使放在像理工科类学校里，可能也少有学生想看的。我常羡慕图书管理员，可以任意享用这里的书刊，想带几本晚上回家看也可以的。有时，一些人很容易得到的，在另一些人中却是那么的可望而不可及。知足吧，能看到这些杂志也幸运了。等我有钱了，我要把那些杂志全部订下来，放在家里，慢慢享用，希望到时心不会变，也不会如《借书者说》那样束之高阁。

也许在别人看来，我不怎么会享受生活，老看那些有什么作用？玩业余无线电知道怎么用对讲机、短波机啊，用来聊聊天就行了，纯技术是要给搞技术的人去做的。我引用我们哲学老师的话：现在是知识的积累时间，艰苦一点，学到了，以后有钱了，把那些错过的补回来，到那时还会有金钱支撑着，玩得会更快乐。我以后想自己创业，做无线电，能够做到像德生、德劲一样的好企业。



139A



DE1103收音机

刚开始没多少钱，就在二手器材论坛上逛，淘到了台军用的收信机——139A。记得从学校附近的华宇物流抱着回来的，用那高阻抗耳机坚持收听。不过耳朵真吃不消，声音尖，夹子的弹簧力大，不是享受，简直是受苦，估计在战时，话务员更苦。再后来省吃俭用，又买了一台德劲DE1103收音机，可以收听到业余无线电频段，享受无穷，乐在其中，还是现在集成电子技术远超电子管时代了。作为一名HAM，有权发射了，总想着能通联全球，用够酷的莫尔斯电码，收集到很多很多的QSL卡片，留着到老的时候，泡上杯清茶，坐在太师椅上，享受午后的阳光，回忆曾经在电波中的美好。

www.radio.com.cn

新手上路

练好你的“三板斧”

文 / 陈方（BA4RC）

《隋唐演义》中有员福将名叫程咬金，使一对板斧，前三招功夫了得，常出奇不意以此取胜。刚入门的“火腿”，也应练好“三板斧”，方可精彩亮相，让旁人刮目相看。

第一招，精选“字母解释法”，熟背自己的呼号。

听惯了“长江”、“黄河”，说惯了“甲乙丙丁”，咱呼号不能改成中文的吗？不行。业余无线电100多年历史，已经有了“国际规范”，地球上业余电台的名字都用英文字母和阿拉伯数字按国际标准排列组合而成，无一例外。好在呼号最多也就5个字母1个数字，总共6个英文单词，每天念上30遍也花不了多少时间，就当绕口令练吧。念的声音要大，不出声没用。用字母解释法表达呼号，可以使若干容易混淆的字母变得朗朗上口(比如G和J，M和N等)，也免得少数人闻音生歧瞎胡编，糟蹋了好呼号。

第二招，出口成“章”，习惯使用完整的呼号。

业余电台呼号包括了3个部分：前缀、业余电台分区数、后缀，三者缺一不可。每一个呼号在世界上都是唯一的，但后缀相同则比比皆是。尤其是BH序列呼号开始启用，同一城市中后缀相同的呼号即将大量涌现，通信联络中不使用完整呼号必然造成麻烦。有些“火腿”联络中不习惯使用呼号全称，只报后缀，甚至后缀中的部分字母，但听一听短波上的国际间通联，学一学老业余家每次中规中矩的呼叫，就会发觉这种习惯既不正规也不符合要求，实在是一种“菜鸟”风格。

第三招，三句不离呼号。

在通信中“每隔一个短的时间就必需报出自己的呼号”是业余电台通信不同于其他专业通信的一个明显标志。对于无线电管理来说，业余电台发射不固定频率、不固定时间，电台数量繁多，所以要求发射者要随时播报呼号，以表明电台的合法性。每一次呼叫的开始和结束都必须播报自己的完整呼号；通话过程中至多间隔一次发射后应播报自己的呼号。“三句不离呼号”才是“火腿”风范。请看以下范例：

无特定对象的普遍呼叫：“CQ，CQ，CQ，这里是BA4RC，Braver Alfa 4 Romeo Charlie 呼叫CQ，请回答……”

询问性呼叫：“刚才是哪一位？这里是Braver Alfa 4 Romeo Charlie，请重复。”

询问性呼叫：“刚才哪一位在发射？这里是Braver Alfa 4 Romeo Charlie……”

插入呼叫：（在两台联络间隙时）“Break in，BA4RC请求插入……。”

指定对象呼叫：“BG4RAA在频率上吗？BA4RC呼叫……。”

通联过程中：“BG4RAA，现在我的信号强一些了吗？

去年，又添置了一台10W单边带，理论上10W的功率可以通联全球，但是级别不够，不能在短波发射，仍然只能用来收听。由于我不能架设很好的天线，7MHz的短波收听对于我这个新手来说也是很难的，跨省信号听起来有时也很困难。好在我们学校周围有几名HAM常用UHF频段讨论一些技术问题，大家的兴趣都是相同的嘛，有很多的话题可讨论。天下HAM一家人，在技术上互通有无，切磋起来也很愉快，呵呵。

现在许多同学见我收听短波业余无线电信号，或是使用业余无线电对讲机，就会问我一些关于业余无线电的问题，我觉得好开心啊。他们通过我也开始关注业余无线电了，我愿意把我了解的，全部告诉他们，让他们也知道，青年人就应该了解更多的知识，玩有意义的东西。

我写这篇文章的目的，不在于介绍自我，而是想让更多的人了解业余无线电，尤其是像我一样的学生朋友们，应该在青年时就入门。我可以毫不夸张地说，未来去建设社会、为国家做贡献的，更多的是有理想的青年人，因为我们心是火热的，动力是十足的。

想了解业余无线电，那就赶快来啊，我只能说业余无线电充满乐趣。如果你对她一见钟情，就上前说“我爱你”吧。喜欢业余无线电，就从现在开始，学知识、拿执照、通联全球，做有意义的事情吧！记住我的业余电台呼号是：嗒嘀嘀嘀，嗒嗒嘀，嘀嘀嘀嘀嗒，嗒嘀嘀，嘀嘀嗒嘀嘀嘀。

> 喜欢业余无线电，就从现在开始，学知识、拿执照、通联全球，做有意义的事情吧！

QRP成功通联的10个步骤

文/卜宪之（BD4RG）

用小功率进行通信联络的QRP活动一直是业余无线电活动的热点之一。因为功率小，更加适合自己动手制作简单的设备进行通联，享受DIY带给你的乐趣。下面的文章编译自澳大利亚QRP爱好者网站，供对此感兴趣的爱好者参考。

1.使用高效的天线

选用半波长Dipole或者更好的天线。

2.要有自知之明——不要指望每次都能通DX

在40m波段用1W的功率和一根车载天线与欧洲电台作联络当然很不错，但是不要指望这种联络很容易。相反，你应该将目标稍微放低些，将乐趣放在那些较近的，且较容易的通联上。

3.要能方便地改变频率

许多文章介绍一个晚上就可以焊好的晶控QRP发信机，这种机器做起来很有趣但却不一定好用。多数时间，这种机器可能被毫无用处地放在搁架上，上面布满灰尘。在80m波段，你应该使用VFO（可变频率振荡器）或3.58MHz可变陶瓷谐振器，在频率更高的频段可使用至少有5kHz~10kHz调谐范围的VXO(可变晶体振荡器)。

4．利用“尾随呼叫”的优势

当你的信号强度比较低（如QRP工作时），“尾随呼叫”是获得通联的最有效的方法。只要在频段内改变你的调谐频率，寻找即将结束的通联。当所有的电台都停下来的时候，呼叫其中的一个电台。他们多数会回答你的呼叫，即使仅仅是一个信号报告。

5．要有好的信号质量

和信号干净、频率稳定的设备相比，那种发信时“咔嗒咔嗒”以及“啾啾”叫的发信机是令对方很难抄收的，特别是当对方使用了窄带CW滤波器时更是如此。

6. CW工作时，要清楚你的设备发信和收信的频率关系

如果你在一个错误的频率上发信时，可能其他电台就会错过你的呼叫。当使用直接变换式QRP设备时，调节你的发信频率比你的接收频率低大约800Hz。相反，如果你呼叫CQ，你就要调节你的接收频率（用RIT旋钮），在你呼叫频率的上方和下方来回寻找呼叫你的电台的频率。

7．有一个高效的收发转换系统

那种要操作者快速地切换2个或3个开关将机器从接收切换到发射的自制电台是低效率的，其结果可能使你失去联络的机会（特别是在比赛期间）。我们可以使用只要一个T/R开关或者试试能否使用插入（QSK）的电路方式实现收发转换。

8．使用你能得到的最好的收信机

QRP电台最复杂的部分在于收信机。当然简单的收信机用于偶尔收听还不错，但联络需要更好一点的收信机：尽可能好的频率稳定性，足够的频率接收范围，合适的选择性，好的强信号处理能力以及没有声音共振(扬声器发音时引起的机箱震动)。一个做得好的直接变换收信机应该能满足除了无用边带抑制以外的所有以上5点要求。

9．参加比赛以提高你的操作技巧

许多人认为大功率是参加比赛所必须的。事实并非如此，特别是VK本地比赛。比赛规则可查看有关业余无线电的杂志及相关网站。

10．不要害怕呼叫CQ

有些波段（例如10m波段），传播可能已经打开，可是如果所有人都在守听的话就没有人知道。呼叫CQ，特别是你有某种理由相信传播已经打开时，例如接收到信标台或者是27MHz CB电台活跃。这时候特别适合使用磁带录音机、计算机或数码录音机等自动呼叫器呼叫CQ。

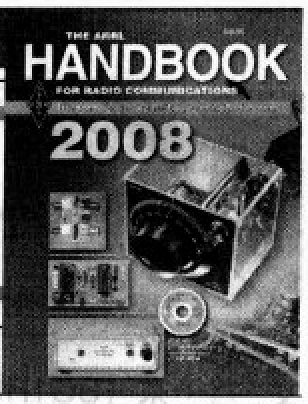
这里是Braver Alfa 4 Romeo Charlie。”

结束前：“谢谢联络，73，再见。这里是Braver Alfa 4 Romeo Charlie。”

应当指出的是，现在有些朋友已经有了一段HAM资历，却没有养成常报呼号的习惯，这是十分不妥当的。尤其是在通过中继台中转的通信中，有的自认为是中继台上的“常客”，别人知道自己是谁，或者认为通信双方都很熟悉，或者正在热议中，多次发射呼叫而不播报呼号，这种不良习惯不仅误导了新手，也影响了业余无线电在公众心目中的形象。

www.radio.com.cn

ARRL手册翻译内容摘选



关于无线电测向

文/陈平（BA1HAM）

编者按： 最近，编辑部常常收到读者询问ARRL系列图书出版时间的邮件和电话，这些邮件和电话表示出了读者对ARRL系列图书中文版出版的关注，编辑部对大家的关心表示衷心的感谢。为了尽快满足读者的需求，该系列图书的各位译者都在保证翻译质量的情况下加紧翻译进度。预计从今年5月左右开始，这些图书会陆续跟读者见面，具体出版时间我刊编辑部会及时告知大家。

本文节选自由BA1HAM翻译的ARRL手册中关于无线电测向部分的一个段落。

无线电测向（RDF）包括了测定信号源精确位置的各种技术，它远远超出简单地测出入射无线电信号的方向。测向的过程同时涉及艺术和科学两者。无线电测向给业余无线电增加了乐趣，但是它也具有严肃的用途。

无线电测向几乎和无线电通信一样古老。它在第一次世界大战期间英国海军用它跟踪敌舰时就出现了。此后，政府和军队开发了完善而复杂的无线电测向系统。幸运的是，购买和自制的简单设备就已经对于业余无线电测向很有效了。在欧洲和亚洲国家，测向比赛是徒步的，其目标是在一个大树林里最先找到四或五部发射机。这一运动也叫"猎狐"（由英国的山地马背比赛而得名）或者业余无线电测向ARDF。

在20世纪50年代，3.5MHz和28MHz是找隐蔽发射机的最普及频段。今天，多数世界性测向比赛使用144MHz调频信号，但也用其他VHF频段。某些国际猎狐也包括3.5MHz频段的比赛。

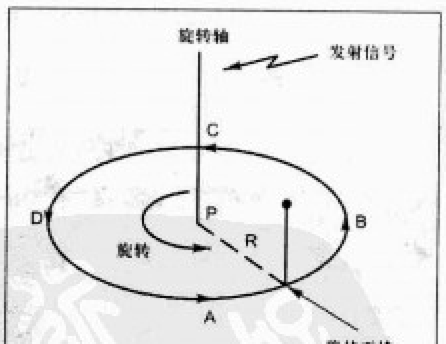
即使不参加无线电测向比赛，你也将发现这门技术的知识很有用。它们可以简化对邻近电源线干扰或电视电缆泄漏源的搜索。在搜寻用信号指示求救飞行员或船员位置的应急无线电信标时，必须使用无线电测向。民航巡察和美国海岸后备巡卫队需要有测向技巧的业余无线电爱好者为搜索和营救提供支持。

大多数基本无线电测向系统包括定向天线以及检测和测量无线电信号电平的手段，例如带有信号强度指示的接收机。测向天线的范围从简单的谐振的导线环到占地上公顷的带有电子波束形成网络的天线单元阵。其他完善的无线电测向技术利用多普勒效应，或者用多个天线测量信号的到达时间差。所有这些方法已经应用在2MHz～500MHz以及更高频率上。不过，在频谱的HF和VHF/UHF部分的无线电测向的实践差别很大。由于实际原因，高增益波束天线、多普勒和双天线切换较多应用在VHF/UHF频段，而环形天线和相控天线阵则是6m及以下频段的最普遍选择。HF和VHF之间信号传播的差别也影响着无线电测向的实践。

多普勒无线电测向机

利用多普勒原理的无线电测向机在很多领域得到普及，因为它们很容易使用。它们具有瞬时显示信号源与车辆前方的相对方向的指示器，包括排列成圆周的发光二极管，或者数字读出的角度值。由4个、8个或更多天线组成的圆环接收信号。在车载应用中地网上的1/4波长垂直振子很普及，但是半波长偶极振子也很实用，而且性能更好。

快速移动的天线所接收到的无线电波会因多普勒效应而发生频率偏差，观察到运动着的鸣着喇叭的汽车的任何人都熟悉这种效应。当汽车驶近时喇叭音调显得比平时高，而汽车驶离时喇叭音调偏低。与此相似，当天线向发射机移动时接收到的无线电频率会增高，反之降低。FM接收机可以检测到这种频率变化。

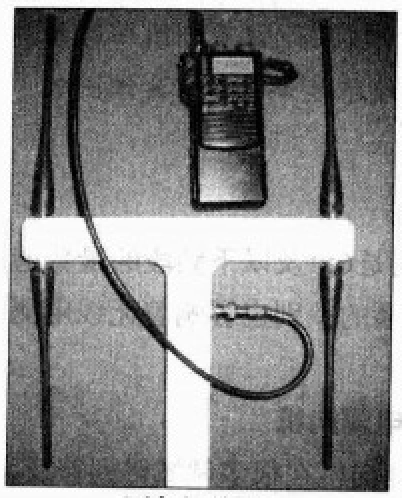


附图所示为一支1/4λ垂直天线环绕P点以衡定的角速度作圆周移动。当天线沿它的轨迹接近发射机时，接收到的频率变高。瞬时频率的最高点发生在点A处，因为在这一点朝向发射机的切线速度最快。相反，最低频率发生在天线到达点C的时候，这时背离发射机的速度最大。

多普勒效应造成的频率偏移量正比于射频频率以及天线的线速度，而此速度是旋转半径和角速度（转速）的函数。旋转半径必须小于1/4λ以避免错误。要用这个半径取得可用的FM频偏（与典型的语音调制相比较），天线转速必须达到大约每分钟30000转（500Hz），这样可以使多普勒音调落在音频范围内，以便于处理。

一款新型无线电多普勒测向机试用记

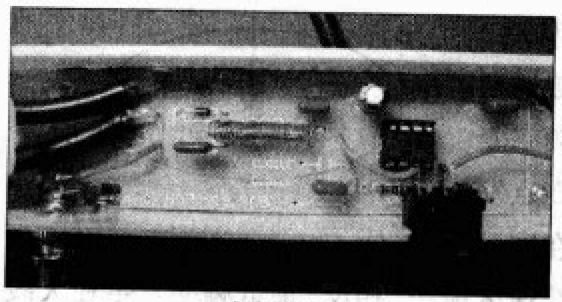
文/郑予东（BG1HOB）

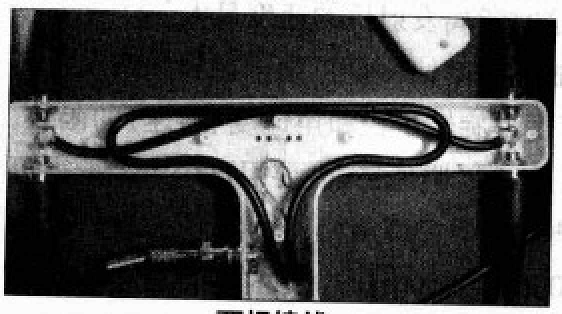

测向机外观

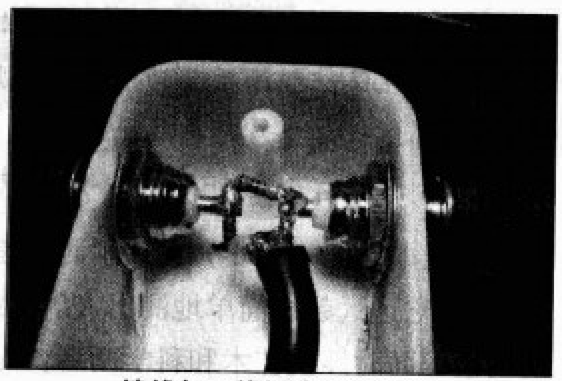
前两个月，笔者在杭州奕阳公司看到了一套430MHz多普勒测向机套件，形式新颖，一见钟情，当即决定购买，一试为快。

这套套件据说是为全国青少年无线电通信比赛生产制作的。但是在笔者看来，也很适合HAM使用，而且散装套件也可以帮助一些初入门的爱好者学习一些焊接技术和了解一些电子电路知识。这个套件和常见的无线电测向机套件有很大区别，它不是一个方方正正的盒子，而是一个英文的T字型，在横梁的两边，各有两根橡胶天线，样子颇为怪异。而且内部不含接收和解调电路，仅一个NE555集成电路用于振荡控制，十几枚周边元器件，电路十分简单。而接收、解调部分则是使用我们HAM几乎人手一台的430MHz频段对讲机。

对于笔者这样玩了几年业余无线电的“老HAM”来说，十几个元件的焊接工作不在话下，先把5个天线座紧固在塑料外壳上。笔者通常的焊接习惯是元件从小到大，从矮到高焊接，先焊上电阻、二极管，再焊上集成电路插座、电感、电容、电池线、开关，最后把集成电路往插座上一按，不出10分钟，一块小巧的电路板就完成了。电路板到天线座端需要焊接两根馈线，按照其说明书的说法是1/2波长，大概是34cm。这需要用裁刀将馈线两端外皮去除一小截，将屏蔽线和芯线分开，分别镀上一点点焊锡，焊于电路板上，另一端则焊在天线插座下方的元件端。固定电路板，再把电池接上。


内部电路


两根馈线


馈线与天线插座焊接起来

为了测试，笔者接上了对讲机——一台马兰士C450，用另一台对讲机作发射。第一次测试在笔者的小屋里进行。将一台对讲机插上一个外接耳咪作发射用，C450立即传来“呜呜呜”的叫声，说明套件电路焊接无误可以工作。将套件的两侧天线分别靠近发射机，能明显听到“呜呜”声的变化，将两天线的中心点接近发射机时，“呜呜”声明显减少，甚至一度消失。室内测试很成功啊，不过还是需要到户外测试为好。

笔者选了个天气晴朗的周日，到一个开阔地的户外进行了测试。笔者分别使用了C450和ICOM的手持台，在不同的方向和距离，用该套件的T字型的中心对准发射机位置，进行测试。经过一番测试，感觉ICOM的机器虽好，但是测试起来却没有C450效果好，主要是方向感不灵敏。笔者反反复复在场地里测试，包括周围有行人的情况，周围有树的情况，在建筑物附近发射的情况，以及在上述条件下接收的情况。对该测向套件的使用性能有了比较深入的了解，总的来说，该套件的特点如下：

1. 电路简单，制作容易，无需任何调试。

2. 价格还算便宜，我买时单价58元，不包含四根橡胶天线和连接对讲机用的馈线以及9V叠层电池。在北京质量一般的天线大约5～10元钱一根，通信市场里有的是。9V电池在超市里3元一块，连接馈线则可以自己做。这些附件厂家也有卖，但是对于家中有一些对讲机配件的HAM来说，完全可以选择不要。

3. 用于430MHz测向，而且是在国内首次出现这样的成品，应该说有一定吸引力。对于HAM来说，用于捕捉城市干扰有一定意义和作用。现在城市里业余频段干扰日趋严重，现有业余条件下解决的方法主要是用由远而近，由高

www.radio.com.cn

享受“蛙鸣”制作及与通联的乐趣

文 / 阮东升（BA6QH）

2003年，国内CW还不普及，BY的天空，还是一片相对寂静而荒芜的田地，为了让更多人能够安装并使用，让BY的天空充满“嘀嘀嗒嗒”如同夏日夜里稻田中传来的一片蛙声，BD6CR引进开发了一款非常简易的0.5WQRP套件，并取名为“蛙鸣”。当时，武汉的BG6QBY、BG6QBT以及笔者都安装并且相互之间做了QSO。由于那时国内CW爱好者都还是单枪匹马各自为战，因此，蛙鸣并没有做过远距离的QSO测试，而我们也只当它是一个练手的小玩意，并没有过多的关注。近两年，通过几位资深的CW前辈大力提倡，将7.023MHz这个频点作为国内CW联络频点，随着时间的推移，已经有越来越多的爱好者加入到这里，并将它作为CW爱好者的乐园，现在，每天早晚都可以听到有全国各地的爱好者在这里QSO，并且经常有国外爱好者加入进来。某日，笔者在等待一个DX远征台之时，无意中看到工具抽屉角落里躺着的“蛙鸣”，突然灵光一闪：如果把当时安装的7.030晶体换成手边的7.023晶体，在CW乐园里不知会有何效果。于是笔者找来尘封已久的烙铁，换掉晶体焊上天线、电键插座，接上天线后听到BD7KBH、BD4IZL、BG4LQA、BD4ITN以及HL2AVS在QSO，在他们QSO间隙插入呼叫，与BG4LQA、BD4IZL、BD6CD完成QSO。兴奋之余笔者找BG6QBY拿了一套散件，决定再次组装一台来试一试，下面就将组装的详细过程作一介绍。

“蛙鸣”是一个体积非常小巧的简易40m波段微功率等幅电报收发信机，接收部分为典型的NE602加LM386直变接收机。其中场效应管构成的静音电路用于在发射的时候使耳机无声。发射部分利用了NE602 的振荡电路，然后以2N3904作缓冲放大，2N3904也作为发射键控，末级C8050 是C类放大器，然后送LPF 后接天线。图1是散件图，图2是印板图。

安装步骤

套件在制作时采用模块安装法，即分模块安装，每个模块安装完毕后进行测试，如此才能保证DIY的成功率，这也是国外DIY爱好者经常使用的方法，虽然“蛙鸣”是一款非常简单

灵敏度到低灵敏度过渡的捕捉方式。例如在判定较远距离的干扰源时，先用灵敏度较高的车载台配合定向天线，用判定场强的方式判定干扰方向，之后沿此方向靠近。当信号很强时，再换成灵敏度很低的手持式频率计，根据场强到达干扰源附近。而这样的套件，就解决了定向天线价格高、体积大、不便于携带的难题，可以直接判定干扰源方向。在较开阔的场地，甚至可以直扑干扰源。

4.作为HAM日常活动也很有意思。这种多普勒的测向方式可以完全抛弃我们从杂志、电视上见过的传统测向方式，不用再长途奔跑。用这样的套件，完全可以把发射机藏起来，然后通过几个不同的点位，测出发射机所在的方向，实现交叉定位，图上作业。当然这需要事先设定一个规则，大家就有章可循。在此，笔者也建议协会总部牵头来制定一个新的规则初稿，爱好者根据这个规则在各自的活动中进行测试，并将测试后的建议反馈给协会总部修改，直至规则成熟。

5.在实际使用中发现，该套件在接收方处于树木、建筑物附近时，会产生一定的误差。而发射机处于这样的环境下，则影响不是很大。这可能是由于430MHz电波遇到物体反射较严重的结果，周边的物体会将电波反射到天线上，造成两支天线接收到的电波路径不一致而产生时间差。这在430MHz波段很难避免，需要在使用时注意躲避。同时在使用时，应该让套件天线高于头顶，这样可以避免使用者自身对电波形成反射，从而影响准确性。

6.实际使用时，与套件连接的对讲机不要作发射使用，否则可能会使套件的内部元件损坏。同时建议使用耳机收听，比用对讲机扬声器效果明显很多。

7.在制作时，馈线、元器件的根部要尽可能短，因为430MHz处于UHF频段，太长的引线会导致高频泄露，或者受到较强的干扰，使整机准确度降低，甚至出现较明显的偏差。

笔者将这个套件介绍出来，也是希望HAM能通过对这个套件的了解，重新认识无线电测向，让真正意义上的测向活动走进我们的身边，为我们解决各种干扰问题提供帮助。

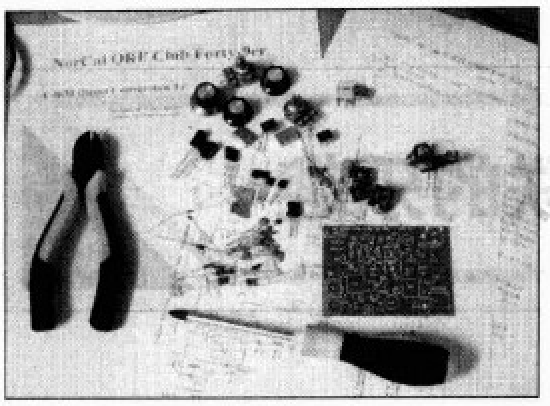


图1

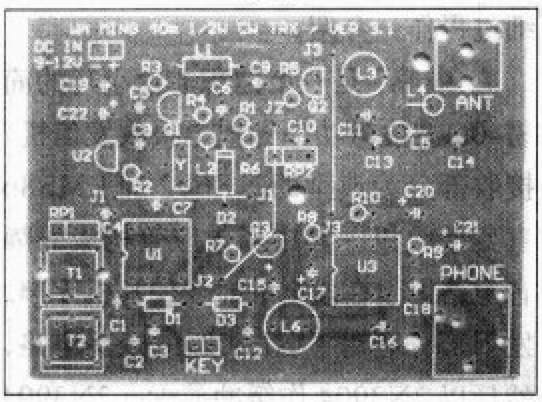


图2

的套件，只有50多个元器件，只要焊接无误即可工作，但笔者以为对于初学者还是分步骤进行安装比较好。

1．安装集成电路以及耳机插座（图3）。

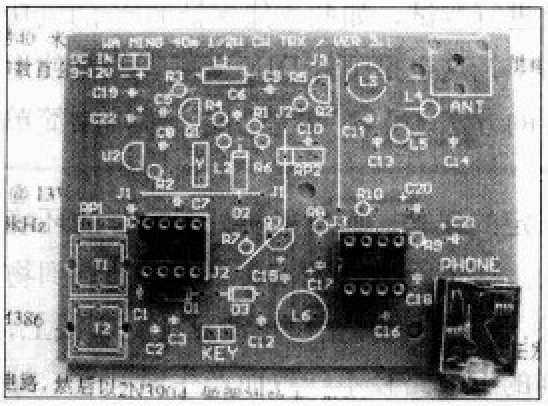


图3

2．安装电源部分的78L06及其周围元件，然后接入电源，测量输出端电压，6V即为正常，相关的电源跳线也

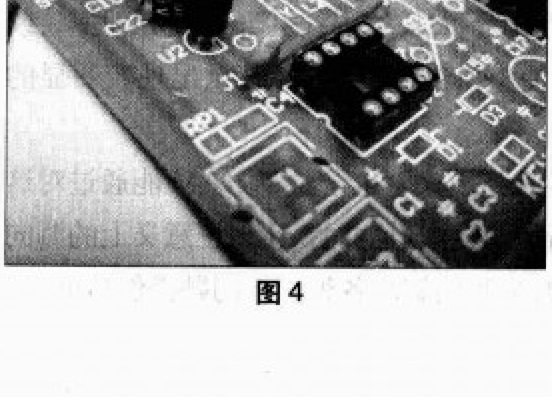


图4

一并接好（图4）。

3．安装低放部分周边元件，安装完毕，插上386，然后用金属镊子碰触386第3脚，这时耳机里会有很强的噪声，则这一部分安装成功（图5）。

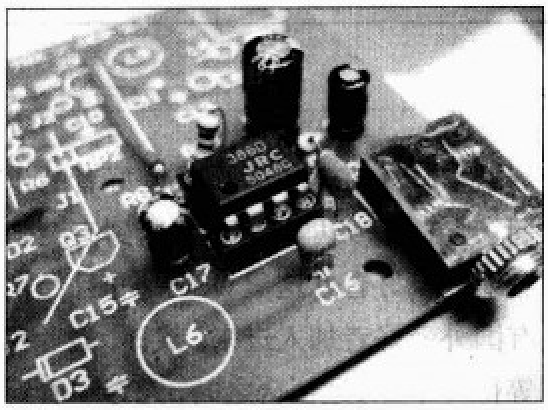


图5

4．安装NE602周边元件、晶体、TUNE电位器等，安装完毕，插上NE602，接上频率计（如果没有，可以用一台收信机来检测），旋转10kTUNE电位器，频率应该在7.023MHz附近变动。笔者组装的这一台频率变化范围在7.022MHz～7.025MHz之间，如果频率变化范围过窄达不到要求，则要仔细检查周边的元件，如电感、1N4007等（曾经有爱好者安装时发现频率范围很窄，后来检查发现是1N4007失效造成的），同时将由场效应管构成的静音电路也一并安装上去（图6）。

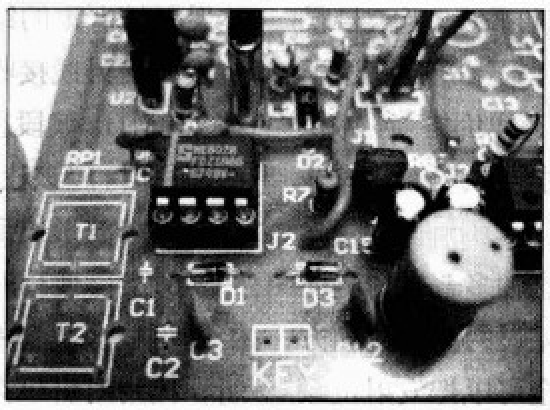


图6

5． 安装发射部分的2N3904、C8050以及周围的元件（图7），这部分只要安装无误一般都会一次成功。这里要提醒注意几点：一是测试发射时不要长时间按着电键，以免C8050过热损坏；二是安装完测试发射的时候一定要接上假负载，笔者曾经因为一时兴奋而忘记接上假负载，结果造成一只C8050报废；三是C8050的放大倍数对输出功率影响很大，笔者在更换时没有测试，结果造成只有0.1W的输出，后来换了一只大放大倍数的管子后功率上升到了0.5W左右。

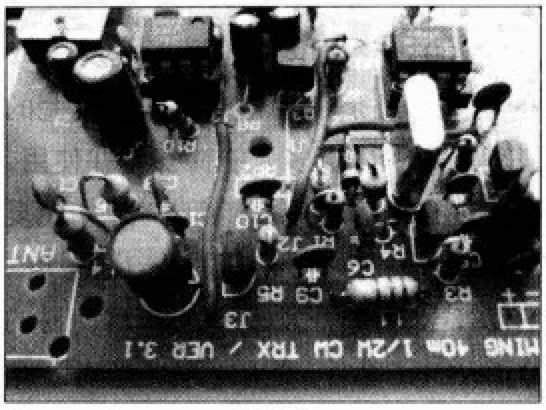


图7

至此，安装已经基本完成（图8），测量接收时的电流大约在10mA左右，发射时的电流在170mA左右，此时的输出功率大约在0.5W。DIY的作品如果能够有一个好的外观，使用起来感觉就很舒服，笔者在市场上看到一款防水盒（图9）非常适合，于是买回来，打孔加工，“穿”上后感觉还不错（图10）。

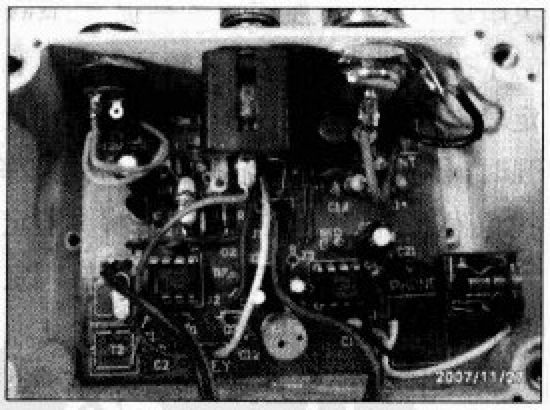


图8

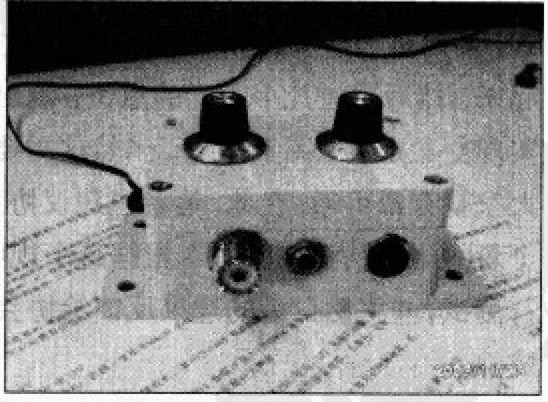


图9

www.radio.com.cn

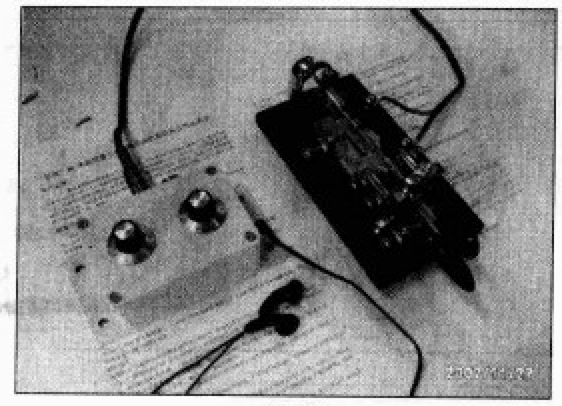


图 10

电路改进

由于接收部分只是非常简单的直放式接收机，因此，平时在使用时7MHz上有很强的广播干扰，调整衰减电位器也不能完全去掉，为此笔者在接收的前端串接了一只7.023MHz的晶体，能够比较有效地滤除广播干扰（图11、12）

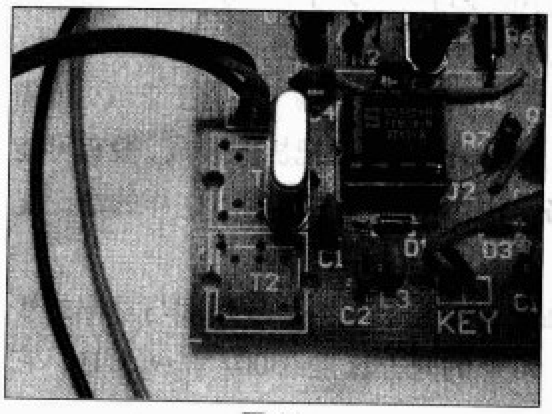


图 11

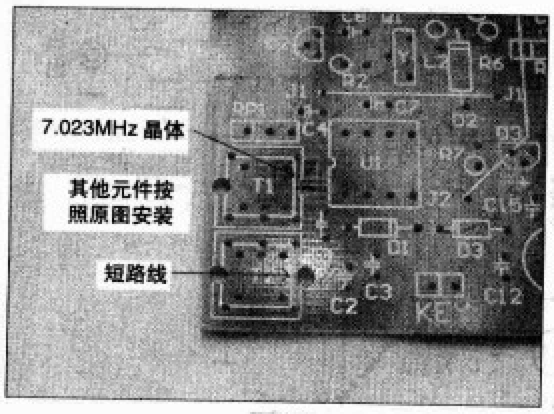


图 12

操作技巧

由于本机没有侧音，没有自动频率偏移，当接收到一个CW信号时，要仔细调整频率旋钮，会找到一个零拍的点，在这个点上发射，对方才可以收到，轮到对方发射的时候再调偏一点就可以听到，如此往复，一个QSO下来得调好几次（当然用一个开关来并接一个电容进行收发转换就比较简单），但笔者认为这样玩起来感觉很有味道，由于接收采用的是直放式结构，这种方法对于强信号还是不错的，但对于弱一点的信号就无能为力了，这时可以单独用一个成品的机器作接收，同时还可以当监听侧音使用。

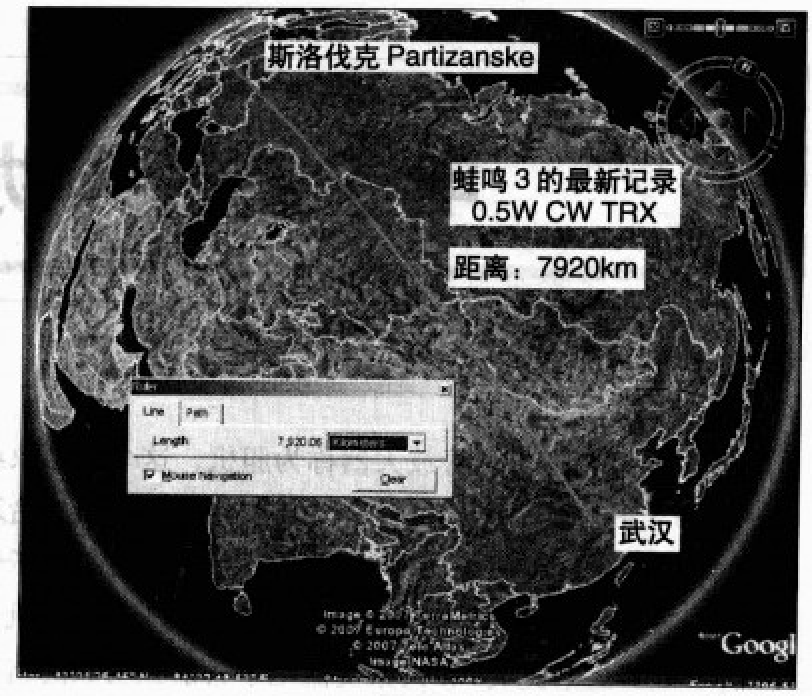


图 13

这种QRP的机器玩起来很容易上瘾，笔者在制作完成后基本都是用它在做QSO，并且很快就与日本的JA4MRL完成双向QRP的QSO并收到QSL卡。

同时，笔者还用其参加了2007年度的CQWW比赛，在比赛中与近8000km以外斯洛伐克比赛电台OM7M完成QSO，创造了“蛙鸣”通联距离的新纪录（图13）。

至截稿时，笔者用这只小青蛙与国内除0区以外的1～9区的HAM朋友都做了QSO并收到QSL卡确认（图14）。

下面的这两份表格分别统计了“蛙鸣”在2007年CQ WW比赛以及与国内HAM通联的情况，由此可以说明一个问题，许多朋友崇尚的大功率并非是完全正确的，在传播开通、天线状况良好的条件下，QRP一样可以完成QSO。

表 1 参加 2007 年 CQ WW 比赛统计

CALL	QTH	距离（km）	备注
Novosibirsk	3700		0.1W
JA3YKC	大阪	2073	0.1W
B7P	佛山	820	0.1W
OM7M	PARTIZANSKE	7920	0.5W
VR2C	香港	920	0.5W
JJ3YBB	大阪	2073	0.5W
UA9CLB	EKATERINBURG	5031	0.5W
B1Z	北京	1050	0.5W

表 2 与国内 9 个分区 QSO 统计

CALL	QTH	距离（km）	RST	分区
BD1WSY	北京	1050	559	1
BG2ACA	哈尔滨	2005	429	2
BD3APX	天津	993	599	3
BD4IZL	济南	820	599	4
BD5ELD	杭州	610	539	5
BD6CD	淮北	432	559	6
BD7KBH	深圳	885	599	7
BD8NBG	都匀	840	548	8
BD9BA	西安	652	579	9

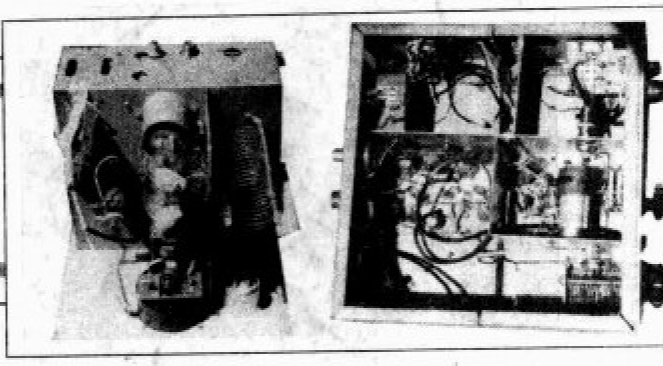
图 14

当然，由于“蛙鸣”是一套非常简单的套件，投入几十元闲暇之余用其来练练手是很不错的一个选择，但用它做DX通联也不是随时可以达成的，用其QSO需要一点点技巧和极大的耐心。

希望大家都来体会QRP中的乐趣。

73!

电子管射频功放DIY



文/王清华（BG2JJ）

电子爱好者把电子管放大器称为胆机，这个用形象给电子管命名的爱称令人感到轻松。但是，要讲起胆机的合理应用并不轻松，目前想找一本装发射机的书很难找，电子管被淡出人们的视线后，就发生了断挡，年轻的HAM没机会接触它。笔者想借此文，和大家交流电子管射频功放的自制方法。

FU-7双管功放

本文介绍的电子管射频功放采用了电子管FU-7(美制807)。该管经过二次世界大战的考验，被人们肯定了两大优点：声音浑厚，韵味十足。上世纪60年代初，此管装出了著名的威尔逊放大器。此时，刚好单边带标准被推出，日本几大公司相继发表了多篇文章来介绍可以作一些参考。

下面笔者把FU-7的指标依日本的使用标准介绍出来，见表1。

表1 FU-7特性

灯丝	最大屏极损耗	最大屏极电压	最大帘栅电压	最大帘栅损耗	极间电容			最高使用频率
					输入	输出	过渡	
6.3V/0.9A	30W	750V	300V	3.5W	12p	7p	0.2p	60MHz

E_p	E_{g2}	E_{g1}	I_p	I_{g2}	I_g	推动功率	功率输出
750V	300V	-40V	60mA	3mA		0.2W	25W

原标准是依C类放大为准，而今是依单边带信号的放大为准，多采用AB1或AB2类放大信号。单边带信号是一个没有载波的信号，不同于调幅信号，对失真度要求高。

可是经过实践，证明用AB2类或B类工作也可以，话音的清晰度没什么差别。FU-7是一个大家族，同它类似的管子有FU-25（1625）、FU-24（1624）、FU-59（6159）。

功率放大器的输出大小问题

本文介绍的是FU-7两管并联输出50W（平均功率）的放大器。可能有的HAM感到功率太小，不够刺激，认为要做就做500W的。笔者认为很多HAM还不具备独立设计、制作大功率的条件，在当今的电磁环境下，急于求成，照猫画虎，只是按照资料上的一张电路图把机器装成，很有可能带外抑制指标不合格，干扰电视、有线电话，这样的情况是不能通过验机的。

从电力与信号强度的关系来看：信号强度与功率的平方成正比。500W与50W的开方比是$\sqrt{500/50} \approx 3.16$，它

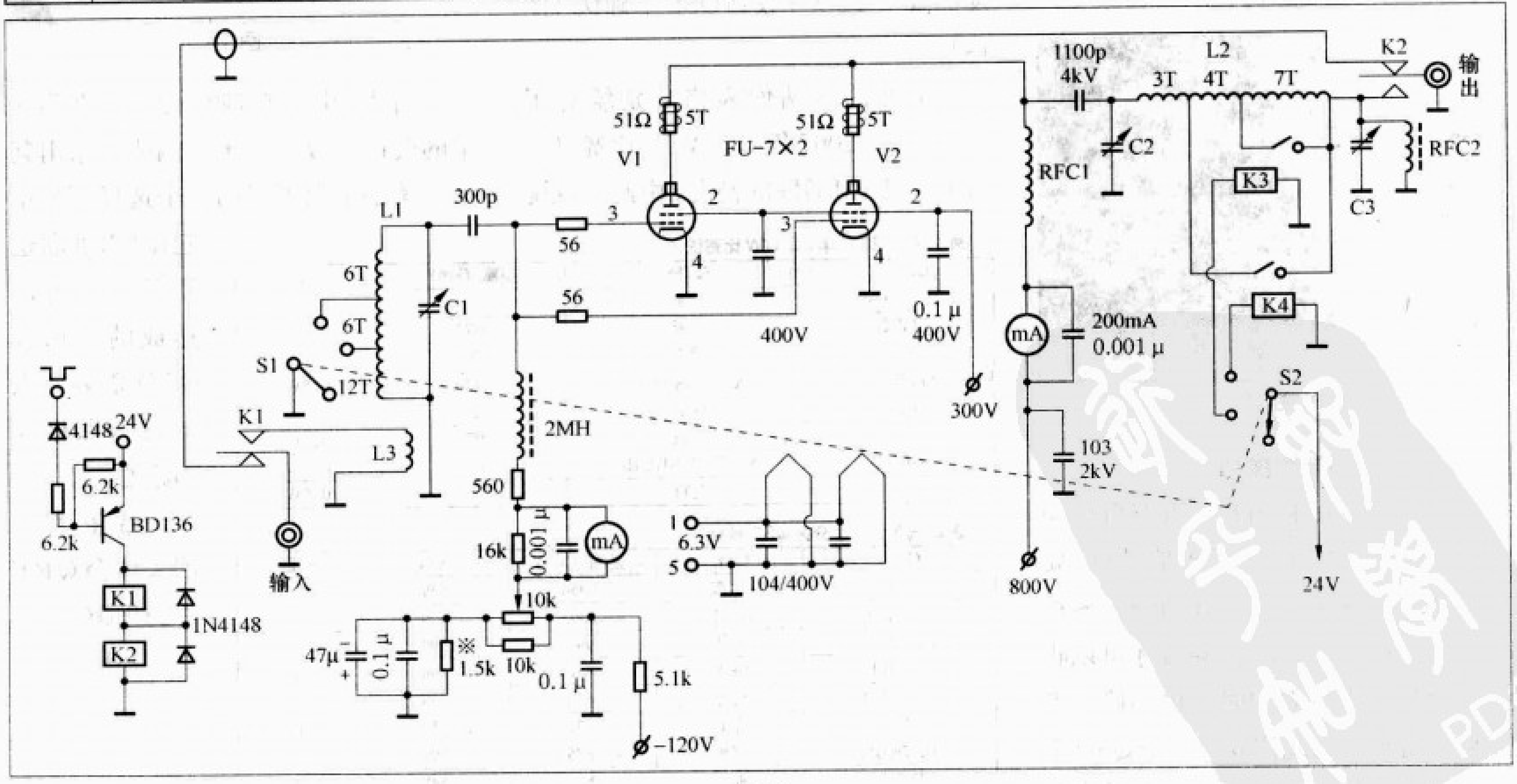


图1

www.radio.com.cn

告诉我们500W和50W的信号同时到达一个接收点，它们之间差3.16倍。业余爱好者自制功放由于没有业余标准，只能逐步升级、待全面掌握电子管功放的各样技术要求后，再装调500W大功率机，才能有成功的希望，一步到位的想法不现实。当把一台500W的单边带发射机摆在面前时，它的输出回路的复杂程度会令你望而却步的，而复杂的手段正是为了保证带外抑制的指标得已实现，否则，它可能成为电视干扰、邻频干扰的来源。

50W功放电路的组成

图1是本机电路图，该电路能在7MHz、14MHz、21MHz工作。如果两管并联后，参数会有所改变，具体情况见表2。该电路中同时要考虑电源变压器电流容量的问题和高压的压降问题，其中L3是低阻输入端，能匹配任何主机的阻抗。

表2 同单管比较的结果

高频输出	2倍
屏极负载电阻	1/2倍
屏极电流	2倍
推动功率	2倍
栅极电流	2倍
屏极负载电容量	2倍

该电路只需要主机有调整输出大小的功能。通过电磁交联使L1和C1组成的回路出现谐振点，使得栅极上的输入电压提高了$\sqrt{L/C}$倍，因Q值的提高，使得整个回路具有50Ω输入高阻输出到栅极回路，对输入信号有了选择性，净化了输入信号，能用较小的功率推动FU−7。

栅极上的栅负压调整回路，调整范围大。整套电路安装在一块印制板上，便于取下，10k的电位器要安在机壳后面。参见图2。

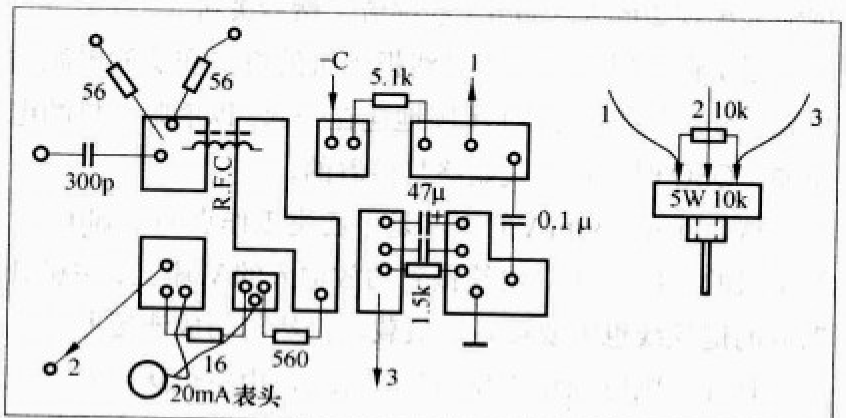


图2 栅负压印制板图

输出回路是π字型低通滤波器，其学名是契比雪夫滤波器，它在完全匹配的情况下，带外衰减曲线很陡。输出端匹配50Ω～300Ω的天线，这个回路是关键回路。本机的线圈是在Q=12时计算出来的，又经电桥，已测过电感量、Q值等参数。仿制的HAM在绕制该线圈时，要按图纸要求做。随便改动后，滤波器的临界点会移动、特性的斜率变差，会产生ITV干扰，这时的频率特性靠调整C、改变L值是解决不了的。电特性的状态只能在频谱仪的显示器上看到，不能说达到最大功率输出的机器就是电指标合格的机器。该电路所需的其他元器件如表3所示。

表3 元件明细表

名 称	说 明
输入电容300p	云母电容
各回路的退耦电容	金属膜电容耐压400V
屏极退耦电容0.01μ/2kV	米黄色陶瓷电容
屏极输出电容1100p/4kV	蓝色片状、陶瓷电容2200p/2kV两只串联
输入谐振线圈用可变电容器	C1最大容量180p，不要求片距
屏极谐振可变电容器	C2用电子管收音机365p×2双连、每隔一片拆掉一片、形成定5片、动5片、并联后成为110p
天线负载可变电容器	C3要求最大容量大于600p，不要求片距，可用365p×2，475×2双连并联代用。
继电器K1、K2	HH53P（12V）或JQX−13F2（12V）
功率线圈L2用短接继电器	JZC−22F（24V）
输入谐振线圈L1	φ25玻璃管、陶瓷管、PVC管可代用，线圈是间绕的
功率输出线圈L2	用3mm玻璃板做成3条筋骨条穿入线圈内，一端作为固定脚用
栅极回路高扼圈	用50mA的色码电感
RFC1 171T/φ0.35	用瓷管、玻璃管、大理石棒，不要用PVC管，表面不涂胶
RFC2 50T×5/φ0.35	在中波磁棒上套入6片玻璃板做成5个间隔，每间隔绕50T
S1、S2	四刀五掷波段开关
电流表	用微安、毫安表扩流而成
电阻	全部用金属膜电阻
插座	M座×2只，RCA制式VA用座×1只

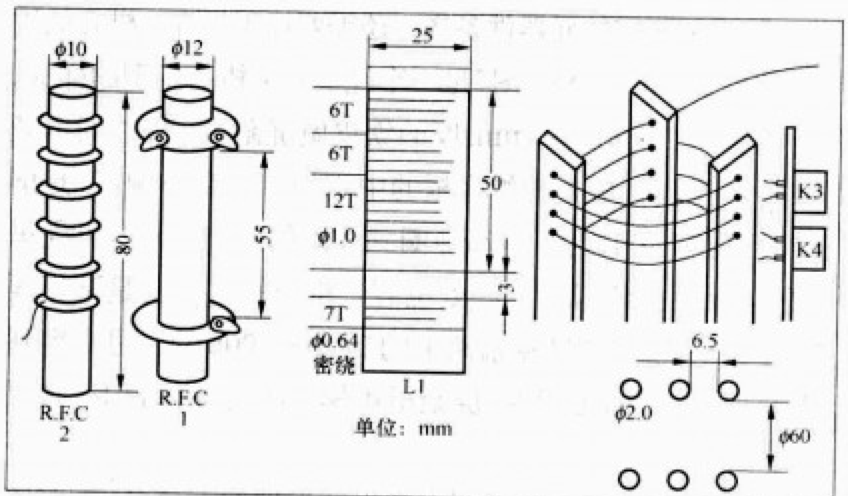


图3 各回路自绕线圈数据

继电器回路是用负脉冲打开的。用正脉冲开启继电器要换NPN管，继电器仍用串联的电路。线圈的绕法参见图3。

功放电路的升级

本文的电路图中，把FU−7换成FU−19×2仍两管并联，把200mA表改成500mA，把110p的可变电容并联一个CCY−T−3的100p电容，把功率线圈总圈数改为9圈，就可调出100W～120W的功率。空中实践证明，FU−19的电子管韵味不理想，话音偏硬，小信号会有少许失真，比FU−7的话音音色差。升级时，要考虑变压器的容量是否充足。FU−19×2的屏流是360mA，屏压、帘栅压、栅负压和FU−7×2差别不大，可直接用，只是栅负压要微调，大约35V～38V。

对电源的要求

本机的电源如图4所示。它是为100W的输出功率设计的。高压线圈的线径一定要粗，电源的滤波电容容量要足，这样能降低电源的内阻，避免到大功率的额定值时，功率上不去，出现波形切顶的现象。灯丝的电压不要低于5.9V。

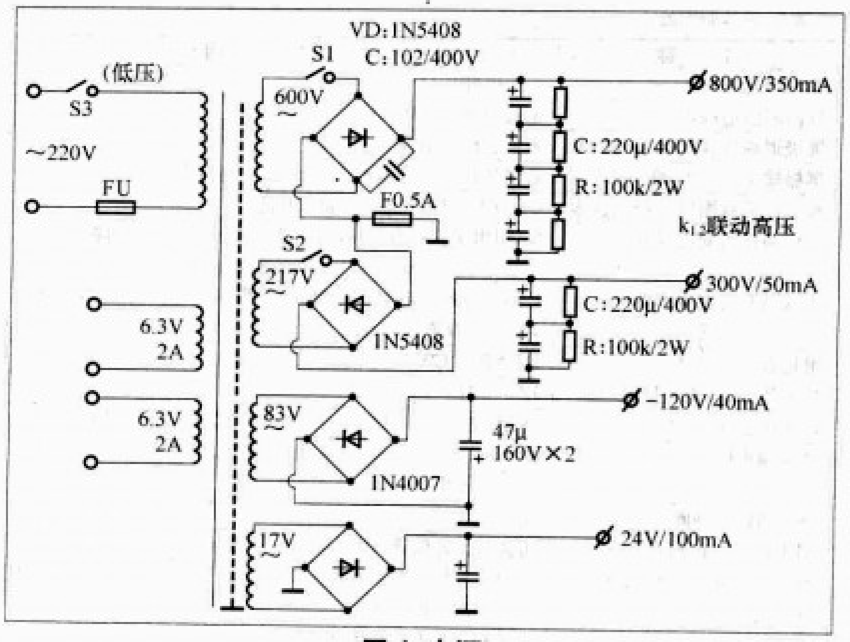


图4 电源

装机细节

除了把所需的元器件备齐，还需要加工机壳。机壳的铁皮应为0.5mm~1mm。图5是一个经实际装机后定型的样板。

机壳里外都使用1mm厚的铁皮做屏蔽板。外边的屏蔽板对线圈隔热，板上的绝缘板的中心处有一空心铆钉，是屏极交连电容（1100p）从高扼圈到线圈的过渡接点。机壳里的屏蔽板上的绝缘板中心处也有一空心铆钉，它是谐振线圈L1和C1组成的谐振槽路上的270p~300p的云母电容到栅负压印制板的过渡点。屏蔽板用螺丝固定在机壳上，必要时可取下。

制作好外壳后，还需要在壳里铺设地线汇流条。在管座的灯丝脚下方用 ϕ 2mm的铜线焊地线，要事先计划好焊多少条能到达输入／输出口、可变电容的定片处、管座的阴极脚及高扼圈的B+进电处。地线焊成放射状，地线不要出现闭合的现象，参见图6。

地线中的元件引线要用1.0的铜线，短而直地焊牢。

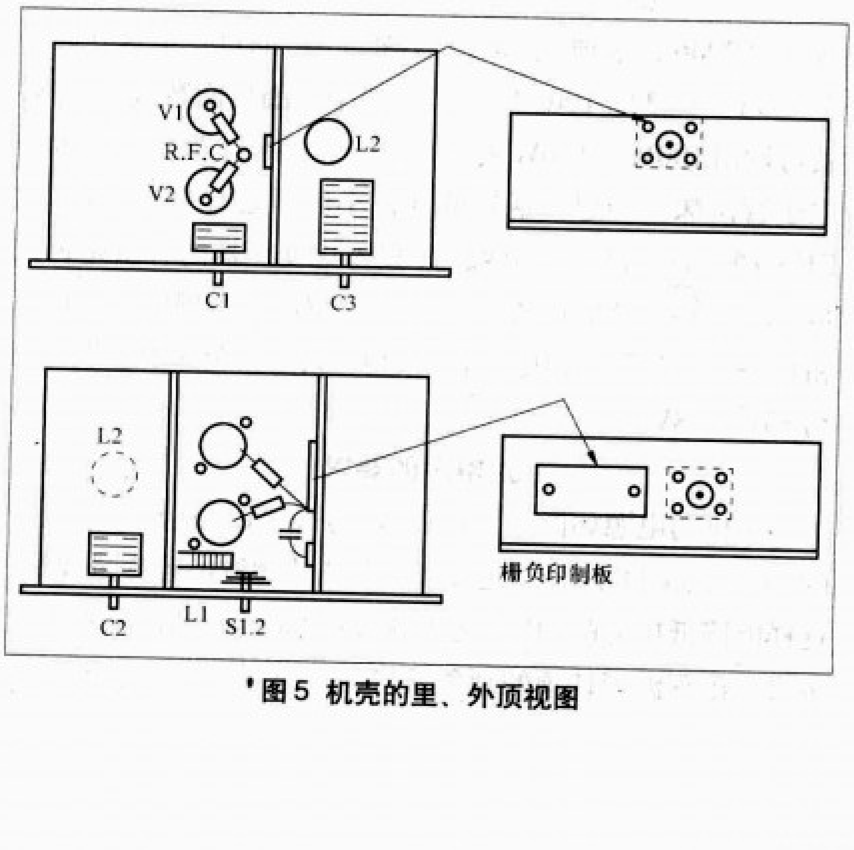


图5 机壳的里、外顶视图

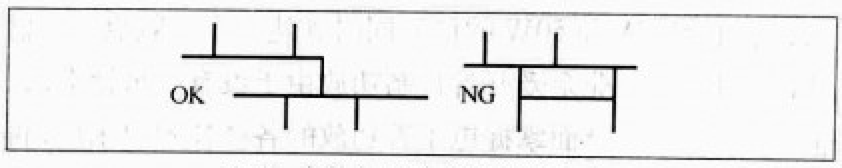


图6 合格与不合格的地线分布

高扼圈绕好后，用酒精擦拭清洁。免得在初次通电时，出现“啪啪”的跳火声。固定管座时，要求栅极引脚离防振电阻（56Ω）最近。两管座之间要留有一定的间距，退耦用的电容直接焊在管座上，就近下地。K3、K4的组合板放在L2的旁边。

调试步骤

调试前，要对功放的各种接线反复检查多次，确认无误后，才可通电。第一次通电时操作人员要注意安全。采用单手操作法，最好戴一只薄手套，避免皮肤碰到高热点及高压点。具体步骤如下：

把100W的假负载（500Ω）串入功率表后，接到输出的M座上。把3只可变电容放到最大容量处，用分体电源时，要事先插好灯丝，高压及栅负压、继电器电压的插头一定要插牢。

把低压开关（220V进电开关）先打开，高压不开。这时，只有灯丝、栅负压、继电器电源被接通。一分钟后，会看到灯丝红起来，接着把高压开关打开。有时，高压刚一开，会听到轻微的高压跳火的“啪啪”声，不一会儿就安静了。预热10分钟，如无异常，可调节栅负压10k电位器，使屏流表出现20mA~30mA的屏流，然后关机。

联机调试时，首先用导线把主机的机壳和功放电源的机壳（功放本身的壳体）牢固地连在一起，以消除两机的电位差。QSO时，这条线始终是接着的。

这20mA~30mA的电流是甲乙类工作点的基础电流。把主机的输出用50Ω电缆接到功放输入的M座上，主机到功放的键控线也需要接好假负载，仍然与功放连接上。

打开主机电源和功放的低压开关，由主机送出CW长音信号。把主机的输出控制钮放在较小的位置上，按下PTT，同时观察栅流，并调节C1找到谐振点。如果这时栅流表打满度，可减小主机的输出，使栅流表锁定在15mA处。调节C1到谐振点时，栅流表会增加电流的，再重复地调节主机的输出控制钮，反复调几次就可定下C1的位置和主机输出钮的位置了。

接着把功放的高压开关打开加高压，加CW的长音信号并速调C2，使屏流表电流指示为近零值。找到电流表指针指示的最凹处，调好后，再速调C3，观察功率计的指示到最大功率处，屏流此时若有120mA~130mA则为正常。一定要注意的是，屏流最大处不是高频输出的最大点，电路失谐时，屏流会大增，会烧坏管子的。这里需要突出一点调

www.radio.com.cn

自制天线转向控制器

文 / 刘岳明（BG5CCK）

业余无线电爱好者在架设完方向性天线后，为改善通联效果往往要在室内借助遥控转向器来改变天线方向，而购买一套成品的转向器价格不扉，难免让人犹豫再三。其实转向器原理简单，我们完全可以利用身边的废旧材料自己DIY 出一套性能实用的转向装置。

转向装置的构成

好了，我们先规划一下装置的大概构成以及要用到的主要器件的来源。转向器由减速机构、驱动电机、室内操控定位显示装置（简称控制器）和天线支持轴承等组成。

减速机构负责控制天线的转速和承担天线风载荷和转动摩擦所带来的扭矩，它的输出轴带动天线旋转的转速要控制在大约1转／分钟比较合适，一般电机的转速在1500～4000 转／分钟之间，所以至少要有 2 级减速才可以协调电机和出轴之间的转数。天线出轴端的减速箱选用涡轮减速形式比较好，这是因为涡轮内有自锁功能，防止天线被风吹动发生转动而出现偏位，另外它有较大的减速比，这一级的减速比为1 : 30。另外一级的减速方法是采用带减速装置的一体化减速电机。

驱动电机最好是直流电机，以便适当改变工作电压进行调速，但不宜改变太多，以免影响输出扭矩，这级的减速比为1 : 50。二级减速的总减速比为1 : 50 × 30，即可以将1500 转／分左右的电机减速到 1 转／分。

如何读取方位信号

由于旋转是电机通过齿轮带动天线旋转，连接是刚性的，电机每转 1500 转对应天线旋转 1 转（360°），因此只要读取电机的转数便可以通过折算获得天线的已转角度。电机的转数信号用装在电机转轴边上的霍尔传感器A3144E来收集脉冲信号送计数器显示。这里的计数器要求有正反转识别功能，以便及时反映天线转动角度，而且还可以起到防止天线越界（旋转超过1周）、自动切断电机电源、防止馈线绞缠等作用。另外计数器还要具备停电记忆功能，以便记住上次关机时的位置数据。

主要元器件及其作用

我们可以在旧货市场找或买到新的减速涡轮，最好是那种垂直出轴形式，速比在1 : 30～1 : 50的，笔者用的是报废电动伸缩门的减速机构，速比是1 : 30。减速电机可以找二手的减速直流电机，功率在 20W 左右就可以了，减速比在1 : 50～1 : 60 都可以，也可以采用报废的汽车雨刮电机。

天线转向控制器的主要元件

图 1

笔者采用的计数器是 HB484J 智能计数器（市价约 180元），在经过相应设定后，在其输入端 IN1、IN2 输入两个有相位差的脉冲时，计数器就会做对应的加法和减法计数，并将结果显示在屏幕上。不过该计数器显示屏上显示的只是电机的转数，而我们需要的是天线旋转的角度数值，否则

试要领：调节 C1 出现栅流的凸点，调节 C2 使屏流出现凹点，调节C3使屏流出现最大点。无论是7MHz，还是14MHz，21MHz 都是这样调。换上天线后，细调各旋钮一次就可正式 QSO 啦。

辐射与自激的防范

从栅极输入信号，又是两管并联，易出现自激现象。本电路已有防自激的栅极电阻，实际工作中，没有自激。当C1处在 7MHz 的点上、C3 处在 14MHz 的位置上会出现少许自激，屏流表指针抖动，电流值上升，但只要离开这个位置，偏移一下 C3 的点，立刻就可恢复正常了。

不要裸机工作，电子管顶部、功率线圈进口处都有电磁辐射。所以裸机要套入密闭的机箱内工作。机箱也要接地。

希望 DIY 的 HAM 进一步地试装本机，笔者自制的这台功放的技术指标可和建伍 TS−450 相比。

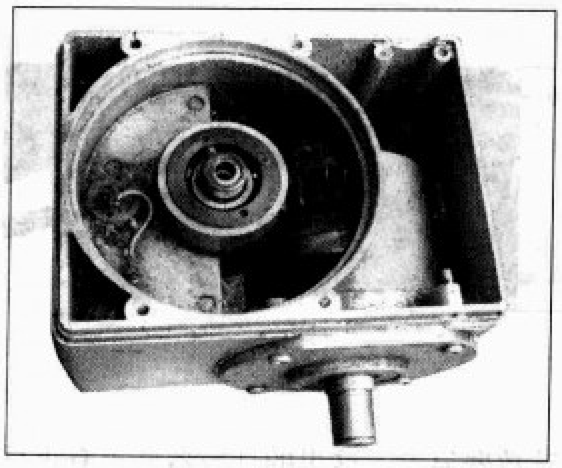


图2

就无法直观地看清天线的实际位置，因此，需要对这个数值进行相应的换算。

如何进行电机正反转数和天线角度的换算呢？要解决这个问题可以利用该计数器所带的乘除系数转换功能，利用这个功能可以使显示值和输入脉冲值进行转换。计数器的显示值＝输入值脉冲个数× A ÷ B+C，这里的A、B、C都可以通过计数器设置来设定。假如电机的转速为1500转／分钟，电机每转1500转，通过1∶50和1∶30二级减速，出轴对应旋转一周360°。即每1500个脉冲对应360°。如果我们要在屏幕上以度数为单位显示的话，显示角度和输入脉冲有如下关系：显示度数＝脉冲数× 360 ÷ 1500。这里的360和1500分别对应于上式中的A、B（其中C=0）。通过这样的设定，在屏幕上直接显示的就是天线转过的实际角度了。

另一个需要解决的问题是，天线一旦转过360°（越界）为防止馈线绞缠，需要设立自锁保护。这个问题可以通过设置计数器计数工作模式来加以解决，计数器其中的一个工作模式是在设定的计数区间内有一个常开继电器触点闭合工作，超过计数区间此触点就释放。我们可以利用此触点控制电机电源达到保护作用。

要取得电机转数脉冲可以在转轴上安置霍尔传感器。霍尔元件可以采用NPN开关型的，体积如同一个小型塑封三极管，为了自动判断正反转，这样的霍尔传感器要使用2个。2个传感器获得的重叠的但有相位差的2个脉冲同时送入计数器，由计数器判断它们的相位前后，以决定做加法或减法计数。

转向控制器完整电路

整机的电路见图3，控制器内部电路实物见图4。电机的电源是个简单的整流、调压电路，以LM317为核心的三端可调稳压块提供直流电压12V～18V，最大2A的电流。通过调节RP改变电机的工作电压达到调速目的，可以改变R1、R2和RP的配比来取得和所配的电机相适应的输出电压。LM317要加散热器。减速电机是从废品站淘来的德国产1:50的直流电机，额定电压DC12V，空载电流1.5A，见图5。

图4

关键部件的制作及安装

电机后部的转轴的铝轮上钻2个和磁钢适配的沉孔，将2枚小磁钢用热胶粘在其中作为霍尔元件的探测物。在铝轮上部做个支架，用热胶将2个霍尔元件暂时固定一下，通电使电机作正反转，并将2个传感器输出信号接入计数器，调整2个传感器和磁钢的相对位置，使得计数器能根据电机正反转作相应的加减计数，最后将这两个传感器永久地粘在支架上。加工一个电机罩壳将电机固定其上，并和涡轮组件对接固定，对接密封口涂上密封胶，防止露天进水，电机和传感器的出线也通过

线号	电机侧	计数器侧	功能
1	传感器T1、T2 1脚	计数器 U。6脚	计数器供给传感器的电源＋
2	传感器T1、T2 2脚	计数器 Com 8脚	计数器供给传感器的电源－
3	传感器 T1 3脚	计数器 In2 9脚	将T1输出脉冲送入计数器
4	传感器 T2 3脚	计数器 In1 10脚	将T2输出脉冲送入计数器
5	电机电源＋(－)		电机工作电源
6	电机电源－(＋)		电机工作电源

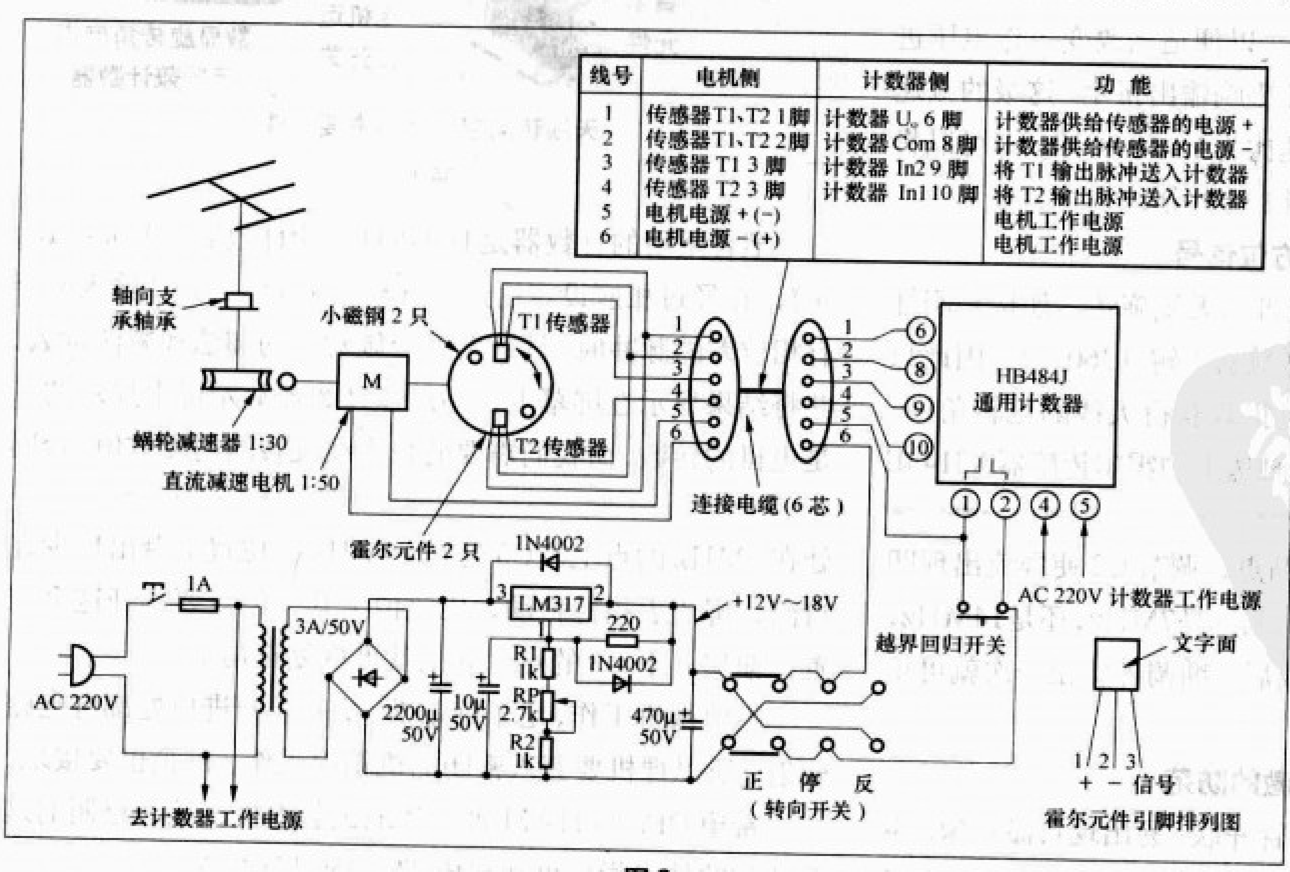
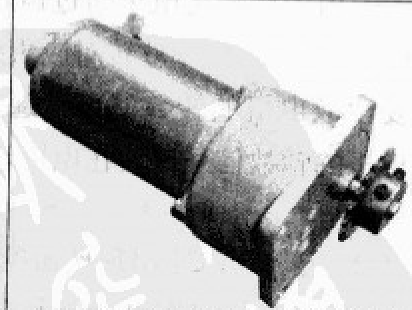


图3



此德国产二手减速机构的直流电机作原动力，此级的减速比为1∶50，与后级涡轮杆组合后的减速比为1∶1500，电机后出轴有铝质轮子，装霍尔传感器和磁钢，控制电机的转数和旋转方向。该电机工作电压在16V～24V变化时通过两级减速，预期最终出转转速为0.5～2RPM，符合天线旋转速度要求

图5

www.radio.com.cn

图6

防水接头从壳体引出。找个旧机壳装入计数器开关和变压器等电源组件，室外减速机构和室内控制器之间用6芯电缆通过插头连接。在控制器机壳的背面装上越界回归按钮，该按钮的作用是当天线旋转超过0° ~360° ，即超过了计数器原先设定的范围，它自动切断计数器①、②接点，使电机失电停止，此时要使天线返回必须按下越界回归按钮（使电机电源回路临时接通）并反向开启转向开关，当天线进入正常角度范围后，①、②内部继电器触点自动接通，这时就可以松开越界回归按钮了。

计数器的设定

按照电路图连接好系统后，根据计数器的说明书设定：1.设计数方式为03（可识别相位计数器模式）。2.设乘除系数A=360、B=1500、C=0（脉冲和角度的换算）。3.继电器输出方式为10（使①、②接点在正常角度内接通，否则断开）。4.设定n1=0、n2=360（确定正常角度旋转范围），其中n1、n2可以任意设定，一般为了使天线旋转范围有一定的重叠(20° ~40°)，也可以将n2设定为380或400。有关计数器性能和设置的详细资料请参见www.hbkj.com.cn。经过上述设置后通电转动，可以看到转向器出轴实际转过的度数和表头显示的完全一致！

图7

为了减少天线自重对转向器的压力，使天线转动自如、增长转向器的寿命，在转向器的上部设立一个轴向支持轴承座，它由轴承座、转轴和一只51209轴向推力轴承、2只6209向芯轴承所组成。转轴直径45mm，用车床加工而成，转轴上部加装2个45mm油封用来阻止室外雨水侵入轴承缝隙，所有的机械运转部位都加满锂基润滑脂。轴向支持轴承座用来承担来自天线的全部自重（最大约300kg），而转向器只承担扭矩。

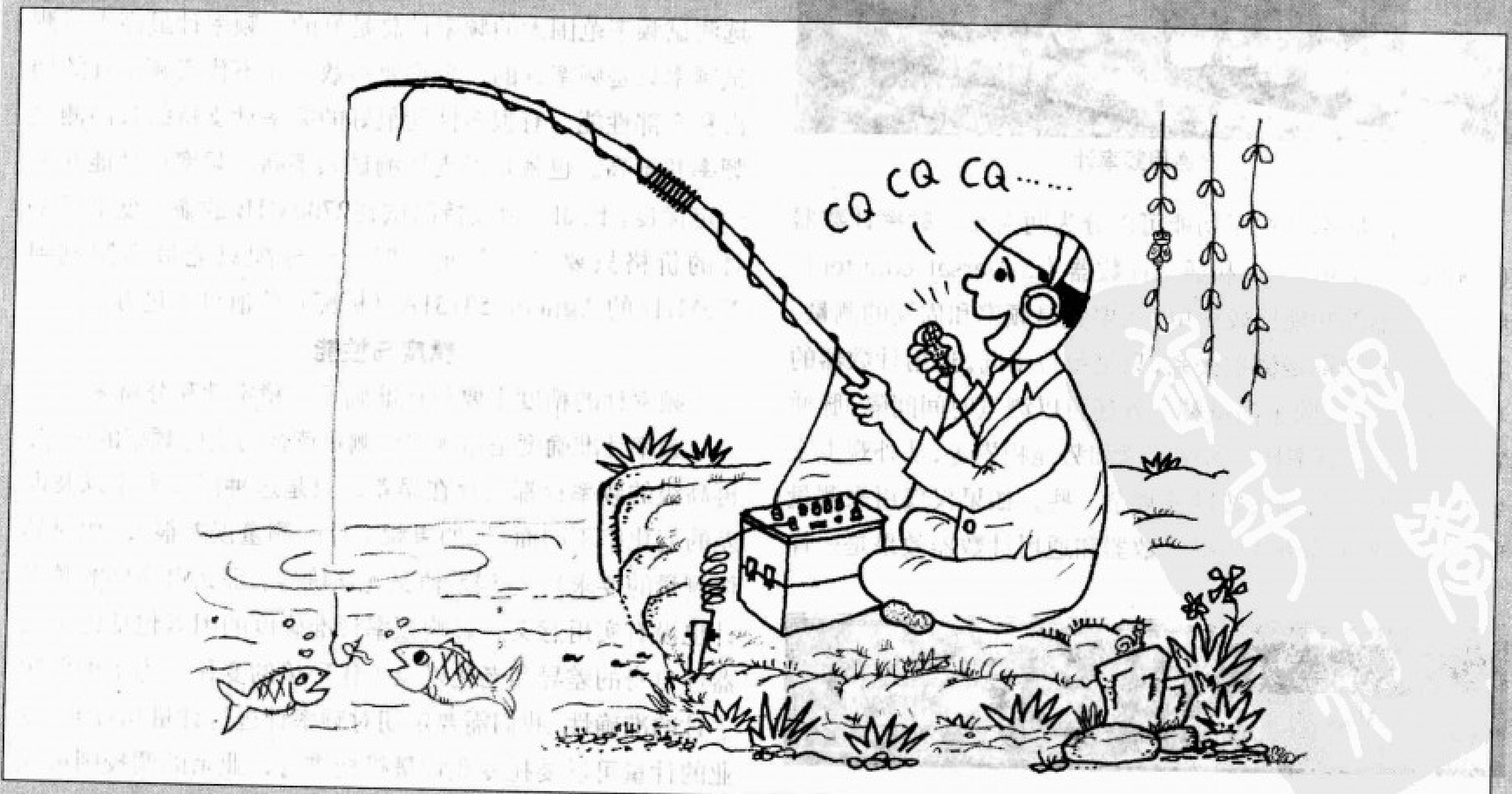
转向器的起点和终点的定位可以利用指南针，先放置好天线，然后把转向器转到需要的指示值后再把立杆和转向器的出轴连接起来即可。

至此一只实用的天线转向器完成了，它的输出扭矩大于50N · m，足以驱动一副短波八木天线了。Ⓧ

漫 画

一举两得

文/马长友(BG2ACA)



打造个人电子工作室

二手频率计选购指南（上）

文/聆 听

频率计是一种用来测量交流电路工作频率的仪器。数字显示型频率计可以直接显示所测量的频率，读数方便且直观，是目前频率计的主要形式。在电子设备的应用、维修及电子爱好者的制作、实验中经常需要用到频率计，。

计数式数字频率计的基本原理是通过在由基准时钟所产生的计数闸门时间内对被测量信号进行信号周期计数，并通过运算显示出所测信号的频率值。数字频率计内部由信号预处理、计数、基准产生、控制运算及显示等功能模块构成。

HP通用频率计

常见的频率计按照功能可以分为两大类：频率计数器(frequency counter)和通用计数器(universal counter)。频率计数器的功能比较简单，主要就是频率和周期的测量，其实频率和周期是倒数关系，只是单位不同。通用计数器的功能则多一些，除了测量频率外还可以测量时间间隔、脉冲宽度、相位、频率比、占空因素和势能积累等，从外观上来看通用计数器的面板按键要复杂一些。如果仅仅用来测量频率，那么同等级的频率计数器和通用计数器效果是一样的，当然价格上通用计数器的价格会高一些。作为一般电子爱好者、家电维修和电台、移动电话维修等以测量频率为主的应用，选用普通频率计就可以了，通用计数器通常应用于专业场合。

选购频率计我们可以从以下几个方面来考虑：测试频率范围、精度与性能、功能与扩展、应用需要与价格。

测试频率范围

频率计按照最高支持测试频率划分有50MHz、100MHz、200MHz、500MHz、1000MHz、1300MHz、2700MHz等，一般超过3GHz的频率计称为微波频率计。频率计最高支持频率应当高于预计测试频率，否则目标频率无法测试。有些频率计可以通过增加选件来提高测试频率的上限，比如标配可以测试到225MHz的Agilent 53131A，可以通过选件扩展测试频率到3GHz、5GHz、12.4GHz。扩展组件通常就是一个分频电路，将高频率信号按比例降低后供给频率计计数。对于家电维修的用户一般需要测试的频率多在百兆之内，玩业余电台和维修手机的朋友选择1000MHz左右的频率计基本够用，当然如果价格相差不大，选测试频率范围大的频率计总是好的。频率计最高支持测试频率只是频率计的一个重要参数，并不代表频率计的档次和全部性能，有很多性能很好的频率计支持的最高测试频率并不高。也就是说支持测试频率高的频率计性能并不一定优良，比如一台支持测试到2700MHz的廉价低端频率计的价格只要二三百元，但一台标配只能最高测试到225MHz的Agilent 53131A（标配）价值可能过万。

精度与性能

频率计的精度主要包括准确度、稳定性和分辨率。

频率计准确度是指频率计测量读数与实际频率的偏差。再高级的频率计都会存在误差，只是这种误差大小以及误差的变化率不同而已，如果频率计的测量误差很大(相对具体测量的要求)，且误差值又无法确定，那么再高档的频率计也没有实用意义。影响频率计准确度的因素包括电子元器件自身的差异和老化以及工作环境的变化，为了确保频率计的准确性，我们需要定期对频率计进行计量和校准。专业的计量可以委托专业计量机构进行，业余的调校则可以

频率校准微调孔

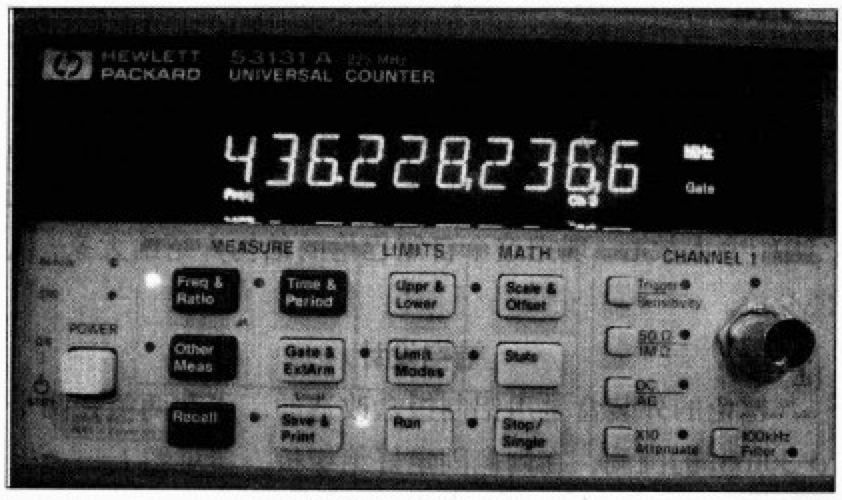
找经过计量且在有效期内的信号源、频率计来比对调整。一般的频率计在基准产生单元都有供调校的微调装置，常见的是一个微调电容。

友情提示：测试和校准频率计必须开机一段时间、等仪器都稳定后才能进行，没有可靠的参考源不要贸然调校。

频率计出现测量偏差不可怕，可怕的是稳定性差，每次校准后有效期极短。频率计的稳定度在指标上用ppm单位表示（parts per million的缩写，即10的负6次方，也就是百万分之一），其稳定性主要取决于基准产生单元，而该单元最主要的部件就是石英晶体。大家都知道单独的石英晶体会受到温度的影响使得其谐振频率发生略微的改变，该项指标称为石英晶体的稳定度指标。普通石英晶体的稳定度是满足高性能频率计性能需要的，通常的解决方法是对石英晶体增加温度补偿装置或者恒温装置以提高其频率稳定性。在工业上成品的温度补偿晶体称为TCXO，恒温晶体称为OCXO。一般OCXO（年稳定度大约是0.01ppm～0.5ppm）的性能比TCXO（年稳定度大约是几个ppm到十分之几ppm）要高。对于频率稳定度要求更高的场合还会使用铷原子钟模块和铯原子钟模块。一块优质的OCXO模块价格会比一台低档的频率计都贵。即便是高性能的TCXO晶体，市场上也不便宜，很多低价的频率计都用不起成品TCXO，为了提升普通晶体的稳定性可以采用加装简易温度提升装置来作为补偿。通常在普通晶体边增加发热元件并用泡沫保温，再进一步在外面加个铁壳罩一下，兼具屏蔽的作用，实际上这确实有一定效果，但很难达到成品TCXO的性能。从频率计使用基准晶体的档次上可以一窥频率计的档次。档次由高到低为铯钟、铷钟、双槽OCXO、OCXO、TCXO、带简易温度补偿装置的石英晶体、普通石英晶体。有些中高档频率计的时基可以通过选件升级，所以选购二手中高档频率计时可以注意一下产品的配置，同样型号的产品安装选件不同其性能和价格都会不同。有了上述知识，仪器爱好者可以通过更换频率计中的基准晶体来提升频率计的稳定度，达到摩机的目的。

友情提示：铯钟和铷钟都有寿命问题，购买二手拆机模块需要注意产品的状态。

频率计的分辨率及测量速率是其性能的重要指标，也是其处理测量能力的体现。低端的频率计一般不高于8位／秒，中档频率计可达到9位／秒，高档产品可以达到10～12位／秒。频率计的分辨率与其采用的电路结构密切相关，高档的频率计内部机构复杂成本高，而目前廉价的频率计基本上都采用廉价单片机＋软件的结构，处理能力有限，通



频率计10位显示效果

常最高提供8位／秒的分辨率（大部分产品是7位半数据读出），其测试频率范围与分频单元器件特性有关。稍微好一点的频率计采用ICM7226频率计数器专用集成电路，性能比较有保证。上面提到的两类频率计是目前低端市场上的主力，很多产品价格在150～400元之间，比较适合个人用户选购。这类频率计提供了基本够用的分辨率，如采用1秒钟闸门在400MHz频段可以提供100Hz的分辨率，用于调测对讲机、移动电话刚好够用。再高档一点的频率计为等精度频率计，市场上典型产品有胜利VC3165和SAMPO CN3162B，价格并不高。频率计可以通过延长时间闸门来提高测量分辨率，如前面提到的频率计不少可以在10秒钟闸门下，在400MHz频段提供10Hz的分辨率。一些商家在展示时会故意采用长时间的闸门使得显示的数据看起来位数比较多，给人高精度的感觉，但由于刷新率过慢，对于测试一些非长期稳定的信号实用性不高。对于频率计而言，选用闸门时间越短，测得的频率数值刷新率就越快，但测量分辨率就会受影响。在二手市场中很多二手频率计都没有指标说明书，一些商家以频率计屏幕8字LED数码管的个数来说该频率计就是几位的，这是不科学的，有的频率计通过额外的LED数码管显示频率单位，致使显示屏的LED数码管看起来很多。实用的做法是将频率计设置在1秒钟闸门下，测试一个振荡信号的频率，看看实际显示的位数。

自制巴伦盒

文 / 王清华（BG2JJ）

到短波段进行QSO，都要架一套短波天线。笔者架了一副双波段的倒V偶极天线，天线上方用了一支自制的巴伦。可是经过两年的风吹摇动之后，某一天，断掉了一根振子，取下后进行观察，这6平方的导线，齐根从巴伦的引线和振子端部焊接处折断。有了这次教训，笔者重新构思了一套巴伦结构，实际架设两年来，没出任何故障。几次大风天，笔者都去现场观察这副25m高的天线，它牢牢地挂在空中，令人放心。现把这个自制巴伦的结构介绍给大家，以便交流。

结构设计

巴伦的外装盒是用铝制饭盒改造的。先在两侧开两个φ30mm的圆洞，在内侧固定好绝缘板。参见图1。

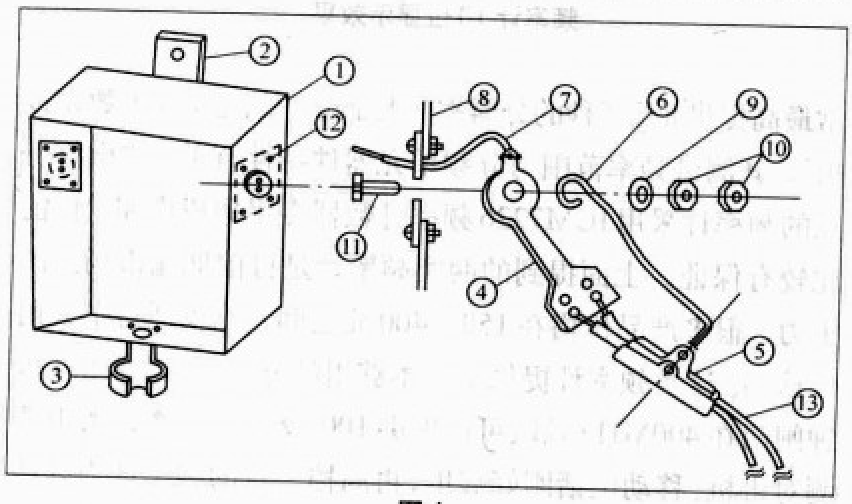


图1

曾有位HAM提出了问题，他说，他所见到的巴伦盒全是塑料的，而用铝盒，在盒壁上会产生高频涡流的。对此，笔者作了如下解释：在一个磁场里，如放一导磁体，而这一导体必须垂直于磁力线，才能切割磁力线，产生的感应电动势，便会在导磁体上产生涡流，涡流的方向和磁力线的方向有关。把环形的巴伦放在铝盒中，距盒壁有30mm的距离，而环型巴伦在工作中，磁路是密闭的，没有泄露磁场，工作状态是不会受到任何干扰的。如果用棒状巴伦，把磁棒平放在盒子中间，空间的距离是磁棒直径的3倍，而磁力线与盒壁成为平行的状态，磁力线是没有被垂直切割的，工作状态也是正常的。铝是非导磁材料，壳体虽有屏蔽高频静电场的作用，但因两根振子延伸在外，时时感应各种信号，它此时的屏蔽作用已微不足道了。

制作方法

在振子连接片上打2～4个φ5mm的孔。每根振子的端部插入孔内，两面焊在孔内。如果只焊两根振子，剩余的两孔也要剪300mm长的振子线焊入空闲的孔内，用它来加强连接处的强度。振子紧固耳环，紧紧地把振子线固定在一起，挂上反拉勾。M6的螺丝帽不要拧得过紧，振子连接片能左右摇动为好。反拉勾要向外掰一个角度为好，参见图1。

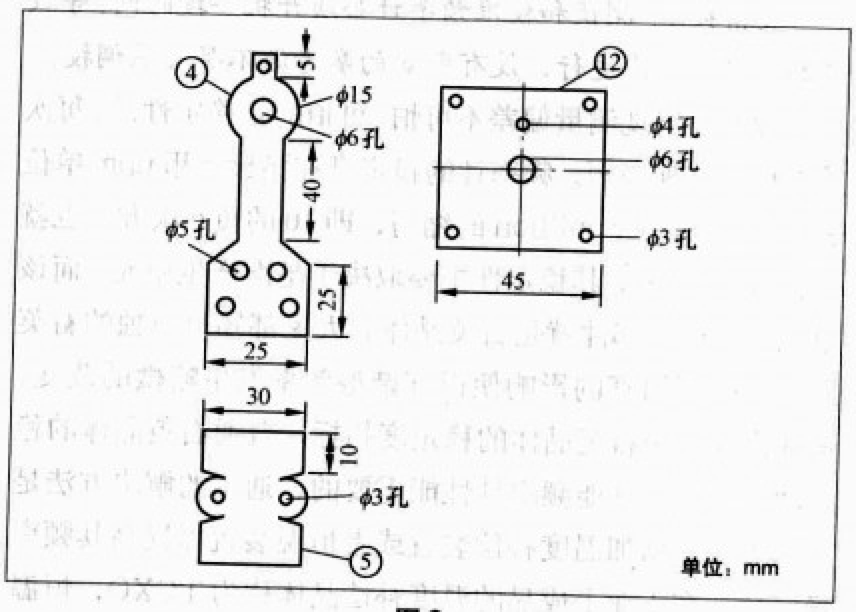


图2

磁环巴伦的绕制方法：首先把磁环有棱角的边缘用砂纸打磨平滑。绕上一层高压绸布，用3股预先拧成麻花状的漆包线（φ0.83）平整地绕在磁环上，绕6圈后按图3的接线法接出4条引线。

图3

棒状巴伦的绕法：用灰色的短波磁棒，用电切割法切成80mm的长度，绕好高压黄绸布，用三线（φ0.62）漆包线平绕16圈，头尾用线绳扎牢。按图3的接线方法接入振子、电缆。巴伦能承载的功率参见表1。

表1

<table>
<tr><td>磁环</td><td>ϕ35×1</td><td>ϕ45×3</td><td>ϕ10 棒</td><td>空芯</td></tr>
<tr><td rowspan="2">承载功率</td><td>120W</td><td>250W</td><td>200W</td><td rowspan="2">250W
ϕ30×16T</td></tr>
<tr><td colspan="3">μ_O=40～100</td></tr>
</table>

巴伦绕好后，要接上假负载上机测试一下，通常是在额定功率下测试，驻波比在1.2以下即为合格（高端）。将巴伦绑在绝缘板上。用线绳或尼龙绳固定在盒体中间。参见图4。

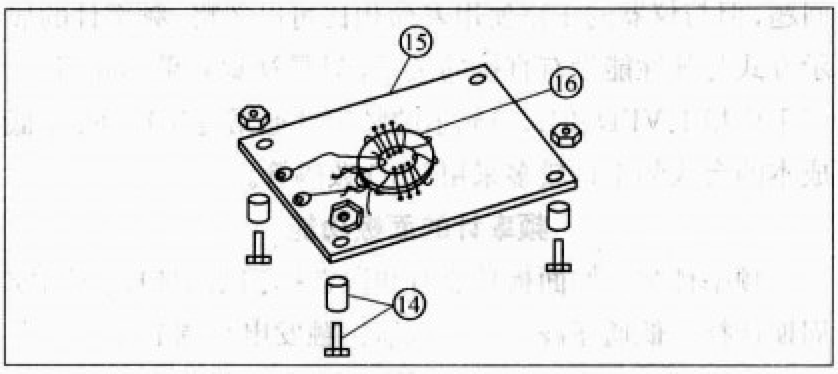


图4

振子联接片上的塑料线穿过 ϕ 4mm的孔，一根接巴伦的引线1，另一根接在引线2′ +3上。电缆穿入盒底，外皮接在1′ +2点上，芯线接3′ 点。用盒底外的紧固环，把电缆紧紧扣死，防止电缆下坠。

最后在巴伦盒周边打好防水胶，将其升到8m高的立杆上，接好各波段振子，即可修剪长度了。注意：振子连接片的长度、塑料线的长度，都是振子的有效长度。

在这里顺便谈一下磁芯巴伦同空芯巴伦的区别：线圈常依 $Q=\sqrt{C}/L/R$ 的在线Q值的大小来评价的。空芯巴伦电感小，功率匹配较难，低端差，高端好一些，功率饱合点高。直流电阻大，分布电容也大，所以Q值低于磁芯巴伦，传输效率也低。磁芯巴伦虽然圈数少，电感量确为空芯巴伦的8～10倍，电感量足，易于和功放功率匹配，直流电阻小，分布电容也小，根据Q值的公式计算Q值高的，传输效率自然就高。两种巴伦都不影响驻波，因影响驻波大小的主要因素是振子的长度和夹角。

图1～图4 中序号说明见表2。

表2 序号说明

图号	说　明	数量
1	铝制壳体（塑料盒可用）	1
2	挂环 铁皮厚1mm	1
3	电缆紧固圈 铁皮厚1mm	1
4	振子连接片 黄铜厚1mm	2
5	振子紧固耳环 黄铜厚1mm	2
6	反拉勾 ϕ 3铁线	2
7	振子与巴伦连接线（塑料线） 一根接到巴伦的引线1 一根接到巴伦的引线2′ +3	2
8	绝缘板⑿与壳体用 ϕ 3螺丝紧固	
9	M6 垫圈	2
10	M6 紧固螺帽	4
11	M6 × 30 螺丝	2
12	壳体两侧用绝缘板厚5mm 玻璃丝板	2
13	振子线多丝塑料线	
14	巴伦支架组合 M3 螺丝、套管	4
15	巴伦支架玻璃丝板厚3mm～5mm	1
16	巴伦参见图3	

《无线电》杂志社推荐书目

品牌推荐　89488·《无线电》2001–2005年合订本（2CD-ROM）　邮购价：40元／套

新书上架		邮购价
17316	网上淘宝与开店	17元／本
16888	淘宝网开店做赢家	20元／本
16781	LED及其工程应用	56元／本
17407	旺铺秀宝秘诀	75元／本
畅销图书		**邮购价**
15709	看图学修电磁炉	26元／本
15940	实用无线电遥控电路	34元／本
15693	怎样识别和选用集成电路	22元／本
15515	电动自行车电气故障诊断与维修	17元／本
15129	触摸屏与PLC入门	35元／本
15195	监控组态软件和PLC入门	37元／本
15231	新编电工实用线路200例	20元／本
14091	《无线电》家电维修精汇	35元／本
14021	无线电问与答精汇	41元／本
13545	无线电制作精汇（2）	38元／本
13544	无线电元器件精汇（第2版）	38元／本
13424	无线电识图与电路故障分析轻松入门(第二版)	35元／本
13435	无线电元器件检测与修理技术轻松入门(第二版)	35元／本
15197	零起步轻松学电子测量仪器	22元／本
15127	数字电视知识解读	28元／本
15615	怎样识别和检测电子元器件	23元／本
14427	怎样看数字电路图	23元／本
12537	看图学电工技能	34元／本
12337	电子节能灯与电子镇流器的原理和制造	32元／本
11814	识读无线电电路图快速入门	26元／本
11826	彩色电视机单元电路应用与维修手册	44元／本
11819	无线电遥控组件及其应用电路	26元／本
06131	怎样看无线电电路图(修订本)	17元／本

强势品牌		邮购价
2-75	《无线电》杂志及增刊	
2008第1～4期		8元／本
2003–2005年部分期，2006、2007年第1～12期		6.8元／本
9020052	《无线电》2005年增刊	28元／本
2003年增刊	大屏幕显示器电路解说及维修方法	28元／本
2002年增刊	国产彩色电视机电路解说及维修资料	25元／本
2001年增刊	进口彩色电视机维修资料	28元／本
《无线电》合订本		
17182	2007年上册	38元／本
17183	2007年下册	38元／本
11854	2006年上册	28元／本
11855	2006年下册	28元／本
14164	2005年上册	28元／本
14165	2005年下册	28元／本
12887	2004年上册	28元／本
11940	2003年上册	28元／本
82-590	《高保真音响》	
2003–2005年部分期，2006、2007年第1～12期，2008年第1～4期		15元／本
9020021	《高保真音响》2002年增刊	28元／本
光盘产品		**邮购价**
89497	长虹最新彩电电路图集（2CD-ROM）	40元／套
2399	创维最新彩电电路图集（CD-ROM）	40元／套
788024	5.1声道DVD质量样版试机碟（1DVD）	38元／盘
68147	国内外名厂扬声器资料汇萃（CD-ROM）	40元／套
00010	《高保真音响》1994–1998年合订本（4CD-ROM）	110元／套
010013	新型彩色电视机原理与维修（15VCD）	300元／套
0030910	VCD/DVD视盘机原理与维修技术讲座（10VCD）	200元／套
040038	最新打印机工作原理及检修（4VCD）	80元／套
990006	彩色电视机实用维修技术（8VCD）	144元／套
990004	冰箱实用维修技术（4VCD）	72元／套
020015	空调器实用维修技术（6VCD）	108元／套

邮购方法：请将购书款汇至北京市南区崇文区夕照寺街14号A座，收款人：《无线电》杂志社，邮编：100061，请在汇款单附言中注明书号及册数（如购买杂志请注明年份及期数，如要挂号购买杂志请另加3元挂号费），联系电话：(010)67134097-24。

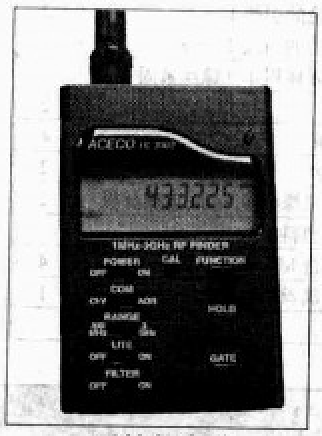
打造个人电子工作室

二手频率计选购指南（下）

文/聆 听

频率计的外形与应用

频率计按照外形分有手持式、台式、机架式。手持式的频率计注重便携性，由于供电与体积限制，所以手持式频率计精度通常不高，适合外出临时使用，通常不适合精确测量。国内比较常见的有ACECO的手持频率计产品，还有一些国内的产品，如GY560、IBQ2006等，价格非常便宜。台式频率计是最常见的形式，有些产品装有提手甚至支持安装电池工作，便携、固定两不误。频率计外壳应该有良好的屏蔽作用，所以低档频率计中金属外壳的比较好，中高档的频率计虽然也有很多是塑料外壳的，但其内部已经做了很好的屏蔽处理，屏蔽效果是一样的。机架式的频率计多为19英寸标准机架外形，方便直接安装在机柜上工作，通常都是比较高档的产品。



手持频率计

数字频率计的显示方式常见的有LCD液晶显示、8字LED数码管显示、VFD真空荧光显示等。LCD显示屏的优点是方便一些符号的显示，也比较节电，很多惠普（HP）的频率计都采用这种显示方式。但LCD显示屏的缺点是显示对比度相对较低，尤其是在光线不足的情况下不容易看清。通常工业上采用背景照明来解决这个问题，但早期LED发光二极管和场致发光片由于技术发展限制，并没有应用到当时的照明领域，因此还是广泛采用传统灯泡来照明，钨丝灯泡的寿命一直是个问题。所以早期很多LCD显示的频率计没有设计背光系统。这样虽然减少了后期维修的问题，但显示屏对比度低的问题没能解决，同时LCD在高温和低温环境下显示也容易出问题。8字LED数码管廉价又实用，被广泛地应用于频率计显示，包括现在很多主流的中低端产品都首选这种显示方式。由于LED数码管每个笔画都是LED主动发光，所以数字显示对比度相当好，唯一的缺点是限制于笔画显示的内容不够丰富。VFD真空荧光显示结合了LCD屏幕显示内容丰富和LED主动发光、高对比度的优点，加上自己的荧光特性，使得显示效果达到了新的境界，温度适用范围也大大提高，安捷伦的多款中高档的频率计都采用这种显示方式，效果非常好。虽然VFD有老化的问题，但与仪器的正常使用寿命相比可以忽略。频率计的显示方式与其性能没有直接的关系，只是视觉效果不同而已。二手市场上VFD和LCD显示的频率计通常是比较好的，低成本的台式频率计较多采用LED数码管。

频率计的面板功能

频率计常用的面板功能有频段选择、闸门选择、频率/周期选择、低通滤波器、衰减器、触发电平调节等。

一般频率计将50MHz或者100MHz以下划分为低频率区，独立提供一个输入阻抗为1MΩ的信号通道，高于该频率的另外提供一个输入阻抗为50Ω的通道去信号分频单元降频，用户必须选择正确的通道才能得到比较正确的测试结果。

闸门选择是根据用户测量时间和分辨率的需要而选择的，一般闸门时间长，数据刷新率低，分辨率高，闸门时间短，数据刷新率快，分辨率低，一般常用的闸门是0.1s和1s这两挡。

频率和周期是互为倒数的关系，有时在测试较低频率时有的数据习惯用周期表示，通过显示切换就不需要人工换算了。

低通滤波器通常是在测试频率100kHz以下频率时使用，串入低通滤波器后可以有效地降低高频信号对测试的干扰。

衰减器的作用是将输入信号减弱以适合频率计计数的需要，如果过大或过小的信号都将影响频率计的计数。

触发电平调节功能在一些比较好的频率计上会出现，主要用于低频段，也是可以起到一定的抗干扰的作用。

低端主流频率的面板有按键式和功能键菜单切换式样，其实性能都一样。一些等精度的频率计的时间闸门选择采用电位器连续可调形式，这也是我们在二手货中判断等精度频率计的一个土方法（尽管也有采用普通按键的等精度频率计）。

频率计的辅助接口与应用

1. 10MHz时基信号输出/输入

频率计的时基信号输出功能可以方便地用另外一台经过校准的频率计检测其基准的准确度和稳定度，高稳定度的频率计时基输出也可以作为定标的信号源/参考频率。有些频率计支持外部时基输入，允许用户连接外部更高稳定度和准确度的时基代替机内的时基，以进一步提高频率计的性能。

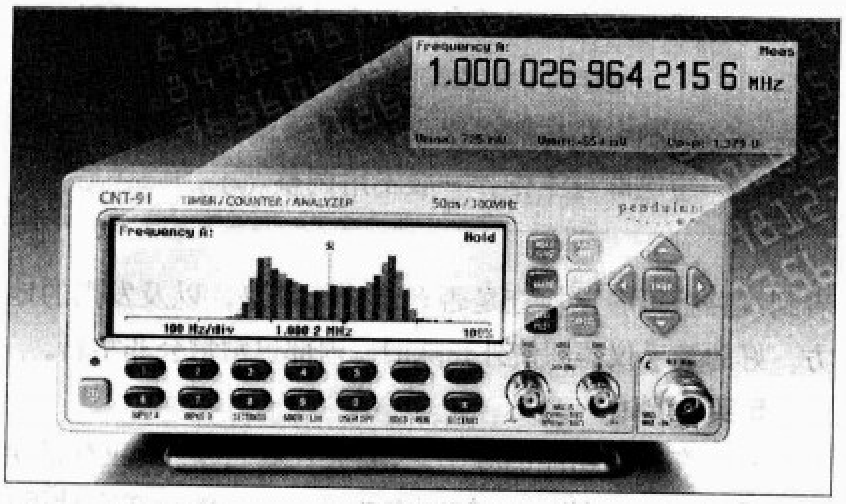
目前市场上有很多原来通信设备上用于频率同步的HP58540A模块，该模块通过高品质石英基准模块辅助GPS校准，输出高稳定度的10MHz标准信号，二手市场价在300～600元，是升级仪器时间基准的好东西。

2. 自检功能

通过自身校准程序检测自身时基与测量单元、处理单元的工作状态，及早发现故障情况，给出错误代码，方便维修。一般越高级的产品自检功能也更详细，但频率计的自检通常不能判断自身的误差。

3. 石英晶体测试功能

这是一些所谓的“多功能频率计”提供的一项功能，有一定的实用性。内部增设一个振荡电路，只要在外接口插上石英晶体就能起振，用来直接测量晶振的频率。



高端频率计

4. GPIB 数据接口

仪器的数据I/O接口，一般只有中高档的频率计才是标配，也有一些频率计作为选件提供。GPIB方便数据共享和电脑对数据的采集。一般二手货中看到标配有GPIB的频率计都是有点档次的产品。

频率计的品牌与选购

高端品牌常见的有HP（惠普）、Agilent(安捷伦)、Pendulum、RACAL-DANA、Fluke(福禄克)、Anritsu(安立)、Philip（飞利浦）、IWATSU(岩崎)等。使用HP商标的仪器仪表大多是老产品，但其中依然有大量性能杰出的频率计，我们在二手市场上最容易看到的中高端频率计就是HP。当然HP的频率计也有档次之分，但即使入门级的产品，其性能也不是现在市场上500元以下廉价新机所能比的。Agilent继承了HP公司剥离其仪器仪表业务前的产品线，成为仪器市场上新的王者，Agilent品牌的产品都比较新，性能很好，流到二手市场的不很多，价格也高。中档产品sabtronics、Protek、固纬、胜利、安泰信都是非常实用的产品。低端产品主要是价格便宜，品牌方面就不用多作计较，一些号称外国制造的铁壳频率计其实都是国内南方小厂的作品，对于预算有限的用户实用就行。

选购二手频率计产品时，时基的类型和稳定度、分辨率、频率范围、价格是我们最关心的4项指标。选购中高端的二手频率计，根据型号就能查到产品的技术性能参数，中高档产品厂家提供的性能指标是可信的。常见的型号有Pendulum CNT-91/90/85/81，Agilent 53132A、53131A、53138A，Fluke pm6685、PM6680B、PM6681等，微波频率计有Agilent 53147A、53148A、53149A等，还有很多HP老型号的机架型频率计，都是很好的设备。此外要注意一些频率计所加装的选件，选件可以提升频率计在某一方面的性能。对于高精度的产品需要经过计量校准才能保证其性能的有效性。对于低端的频率计主要看产品的做工和基准晶体的情况，同样结构的产品做工好坏也会影响到产品的性能，一般具备温度补偿装置或者用TCXO的在同级产品中属于比较好的。从实用的角度出发，不同的应用需要不同档次的频率计，如果过分超过应用的需要是没有实际意义的，而且在经济上也不划算。比如用支持最高测量到几十个GHz的微波频率计去测试几百兆的信号，性能也不会提高太多，用12位/秒的频率计去修普通对讲机或者家电，那精确的读数对维修也没有实际意义。一般建议普通维修级应用，7～8位分辨率的频率计就可以了，需要比较精确监测的系统级应用9位分辨率的频率计就能胜任，至于10～12位分辨率的频率计主要是科研级和计量级的应用。喜欢玩基准的个人爱好者，首选的是9位以上分辨率的二手频率计，选购这类频率计不能苛求它同时具有很高的频率范围，这样一方面货源少，价格会进一步提高，同时测试基准信号的频率远比V/UHF通信频率要低，通常都在100MHz以下，以10MHz居多，在此应用中频率计的时基稳定度远比频率覆盖范围大小更有实际意义。

二手频率计的验收

1.相面

外观成色不一定要求很新，但最好没有猛烈撞击的痕迹，外壳没有雨淋或浸水的痕迹。如果是LCD或者VFD显示屏，要注意其有没有损坏。

2.通电开机

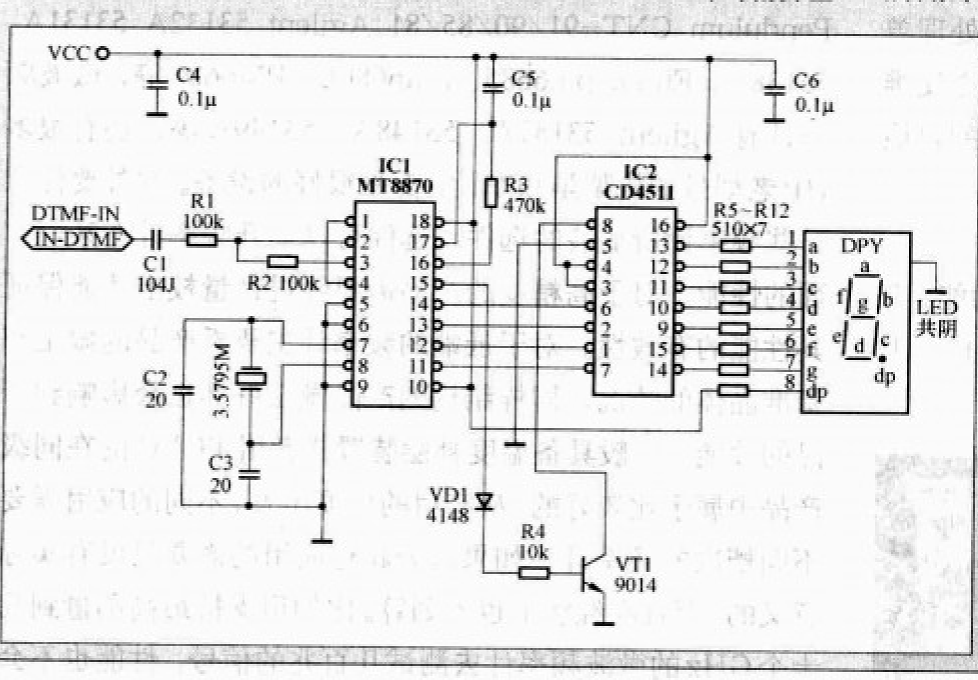
开机前请确认频率计的输入电压是否为220V的。有很多洋垃圾渠道进口的二手机是110V的，如果贸然接上

自制DTMF译码数字显示器

文/韩军伟（BD6PL）

很多喜欢DIY的HAM朋友都希望在测试、维修、调整手持机和车载电台的DTMF双音频频率时，能够看到DTMF数字显示。为此，笔者参照有关资料制作了DTMF数字显示器，愿与大家分享。

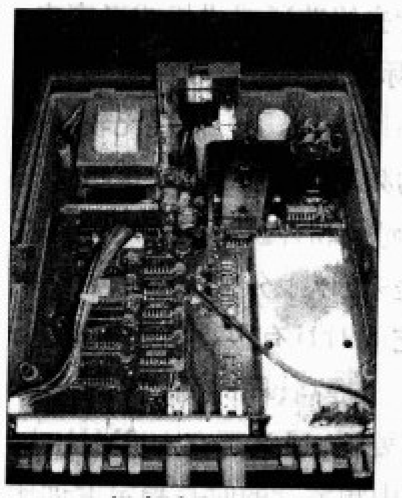
电路原理如附图所示。DTMF数字译码器IC1采用MT8870，该芯片的2脚为IN信号输入端，7、8脚外接晶体作为时钟振荡端，时钟振荡电路的频率为3.579545MHz，所产生的双音频信号为高频组1209Hz～1633Hz和低频组697Hz～941Hz，共有16种组合频率。由2脚输入的双音频信号经过数字运算后，在数据输出端11、12、13、14脚输出四位二进制码ABCD，并在译码结束的同时由15脚输出一个正脉冲信号作为后级电路的锁存脉冲。



CD4511为七段BCD锁存译码，驱动共阴数码管显示器，CD4511的7、1、2、6脚为ABCD码输入端，3脚LT为试灯脚，4脚BI为消隐脚，5脚LE为锁存控制端，9～15脚用来驱动数码管显示字符。输出端经R5～R12限流电阻使LED数码管显示0～9数字。数码管选用共阴型的，IC1的15脚输出一个正脉冲信号，作为后级电路锁存脉冲，经VD1、R4到VT1的基极，使集电极输出低电平信号。IC2的8脚有低电平信号时即可驱动数码管显示字符，所显示的字符是数字0～9。

笔者已经使用该译码数字显示器半年多了，配合频率计和示波器，给维修电台时调整双音频频率，检修测试双音频信号带来了很多便利。

制作时，读者按照本期杂志配刊光盘中的1:1印制电路板图接线。只要接线正确，元器件无误，通电即可工作，一般不用调整。



频率计内部图

220V，只有等着冒烟了。对于标明110V的机器可以看一下电源部分是否有多电压选择的跳线，这样可以轻易地调整输入电压。电压调整跳线有的在机器外部，也有的产品在机器内部，需要打开盖子才能操作。通电后开机自检通过，检查显示屏没有缺笔画的问题，VFD屏幕亮度均匀，所有按键旋钮有效。

3.查验封条

很多高档的仪器都有厂家的封条，包括一些微调孔上都可能会有封条。封条完整说明至少该仪器没有被拆过、调过。

4.开壳验明正身

如果打开机壳，可以看到机器内部线路板，很容易判断机器是否有内伤、有进水，因为很多洋垃圾渠道机在工业垃圾运输过程中碰撞损毁严重，有的仪器在报废时被人为地打洞或拆板。一些二手商水平很高，断板和打洞都能被修补。看到线路板可着重检查是否有维修的痕迹，以及发黑的地方。好的二手仪器即使外壳陈旧，内部也常常会非常新。

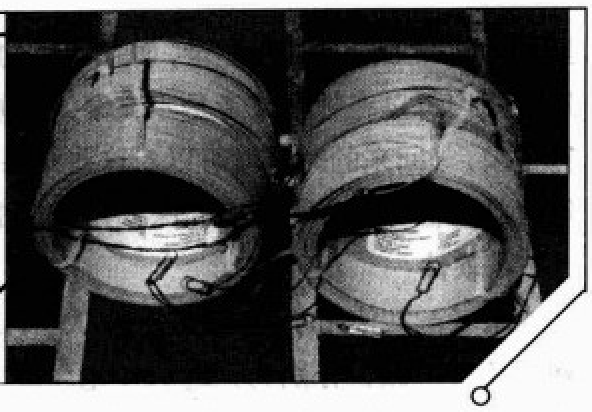
5.实战测试

对于有自检功能的频率计，首先让其自检，不应有错误代码反馈。我们可以用已知频率的稳定信号源让频率计用1秒钟时间闸门测其频率，要求频率计读数稳定，最多只允许其最后一位出现跳动。信号源可以是信号发生器，也可以是对讲机，只要求信号输出稳定且具有一定强度。频率计的一个典型损坏是输入信号过强导致烧毁通道的前置电路，表现轻则输入灵敏度剧跌，严重的该通道无法测试频率。所以频率计的每个通道都要测试，尤其是高频率通道，高频率通道一般用对讲机通过天线感应测试就可以。如果遇到频率计有少量偏差，且在相近频率误差量相等，一般问题不大，可以通过校准来消除。

6.计量校准

经过上面的验机，基本不会有大的问题。高要求的朋友可以将频率计送到专业计量机构进行计量检定，最终确定该频率计的性能和进一步校准。一般的用户则可以与已知的比较标准的信号源或者频率计进行比对。

把计算机变成
你的低频信号接收机



文 / 邓小涛

对于一个资金紧张，无法购买专业的接收设备，却又非常期望进入无线通信世界的无线电爱好者来说，如果把切入点放在低频信号的接收上，将会大大降低进入的门槛。本文，笔者将为无线电爱好者提供一种仅仅需要自己的个人计算机以及几捆电线实现低频信号接收的方法。

事实上目前接收低频信号最为便利和简单的方法就是使用一台个人计算机。如果你的计算机还带有声卡，这将会是最便宜的方法。你只需要一个线圈，一根长度大于1m的电线以及一个将电缆连接到声卡输入的插头。所有的这些加起来的花费不会超过100元钱。

由于带焊接式声卡插头的电缆是非常容易买到的，所以你唯一要做的就是将线圈焊接到电缆的末端，这样是为了制作一个供个人计算机使用的低频天线。使用个人计算机接收低频信号的另一个优点是可以同时监测多个信号。

理论上，使用这样的方法可以同时分析频率在0Hz～22kHz范围内的所有信号！你还可以用wav文件格式或者是以频谱图格式记录所有接收到的信号。这个过程可以非常容易地借助软件自动完成，根本不需要等待在计算机面前记录这些有趣的信号。

但是使用个人计算机作为低频信号接收器也有两个缺点：首先是无法接收到频率超过22kHz范围的信号；另外一点，也是更重要的一点，计算机及其外围设备将都会是产生干扰信号的干扰源。特别是显示器，对于低频信号来说它是一个非常强的干扰源。

那么如何有效地利用计算机接收低频信号呢？下面笔者就为您介绍具体的实现方法。

1.天线的制作

这里我们可以使用一根感应线来作为天线，这根感应线包含两个串接的线圈。其中每一个串接线圈又包括两个一样的分线圈。分线圈是缠绕的绝缘铜线，可以在电器商店里买到，所以说线圈也不是很难制作的事情。

刚买回来时，这些电线的缠绕只是为了方便储存而绕制的，其电磁感应效果并不会最佳，可以通过合理的缠绕来提高电磁感应的能力。题图所示为笔者制作的低频天线。

技术数据见表1。

表1

部件名	数量
线圈	2
分线圈	2
每个分线圈上的缠绕圈数	309
每个分线圈上的电线长度	100m
线圈的直径	10cm
分线圈长度	4cm
两个分线圈间的距离	1.5cm
每个线圈的阻抗	10.15Ω
所有线圈的阻抗	40.6Ω

2.音频引接线的制作

只需在电子市场买一根音频口接线，音频接口保存，另外一边将电线剪开剥离出电线，然后将制作好的线圈天线一头接上剥离出来的音频信号线，另一头接上音频口的地线，如图1所示。

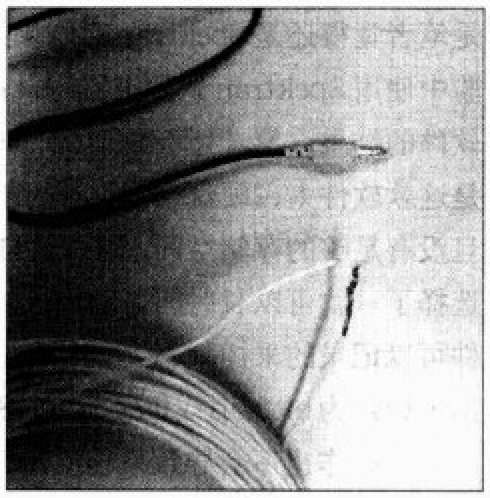


图1

笔者把线圈放置于阳台的地板上，它们的轴线方向对准需要的接收方向（比如说南北朝向或东西朝向）。线圈轴的方向是非常重要的，因为天线感应具有很强的方向效应。笔者的天线也是不断改进的，刚开始时只使用了1个电缆线圈，然后改为了2个，现在改为了4个。

为了方便，天线并没有使用前置放大器，而是直接用2m长的双绞屏蔽线连接到计算机的声卡输入。

3.硬件及工作模式

笔者的计算机是Intel Core（TM）2处理器，频率为2.00GHz，使用的操作系统为Windows XP。声卡为SigmaTel High Definition Audio CODEC。虽然其采样频率最高可以到48kHz，但是我一般只使用到44kHz，这是因为以前48kHz的采样速率分析软件几乎不能使用，直到现在才出现了一款名为SpecPlus的软件，它可以支持48kHz的采样速率。

笔者使用的显示器距离天线有3m，因此来自显示器的噪声会严重干扰低频信号接收的结果。为了避免这些干扰，笔者使用了“离线接收模式”，就是利用屏幕记录软件来对

显示器的图形结果进行记录，而在记录的同时关闭显示器。这样我们可以在睡觉或者是不在家的时候对所有的信号进行记录，等回来的时候就可以对这些结果进行分析了。根据笔者的经验，在夜深人静的深夜，干扰是最小的！

4.软件

笔者一共使用了5种软件进行试验，这些软件都可以在网上免费下载，分别为：Spectrogram Version 5.1.7，Spectrogram Version 6.2，Spektran beta 4，Spektran Version 1.0和SpecPlus。部分软件的下载网址见表2。

以上这些软件都有各自的优缺点。

软件的典型界面如图2、图3所示。

Spectrogram Version 5.1.7只是用来对低频频率范围内的信号进行一个快速的浏览，试验中并没有用这个软件做任何记录。

Spectrogram Version 6.2支持48kHz的采样速率，但是笔者觉得还是Spektran对结果的显示更加明了，因此试验中使用Spektran软件进行记录。为了自动记录这些所有软件的结果，笔者还下载了2020软件，版本为2.2.7，但是这款软件太占硬盘空间(记录结果耗费硬盘空间过快，一旦没有足够的存储空间，软件就自动停止记录)。最后笔者选择了一款可以长时间自动记录的软件SpecPlus。这款软件可以记录的采样频率为48kHz以下的频率，而且可以把结果记录为bitmap或jpeg格式。SpecPlus软件即使进行长时间的操作也不会导致系统溢出，可以随心所欲地对结果进行记录，除非是空间完全被耗尽。

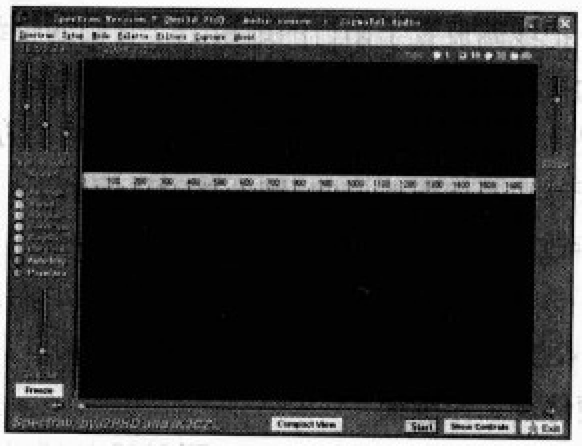


图2 Spectran软件的界面

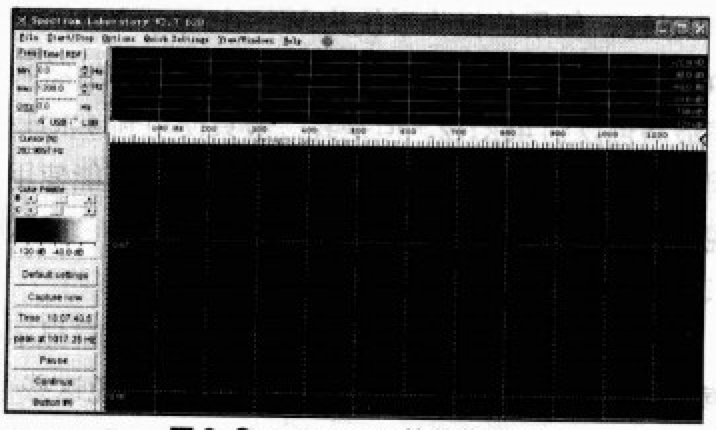


图3 Spectrogram软件的界面

表2

软件名称	下载地址
2020	www.hotfreeware.com
Spectrogram	www.visualizationsoftware.com/gram.html
Spektran	www.weaksignals.com
SpecPlus	www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html

表3

呼叫符号	工作频率	所在位置
GBR	16.0 kHz	Rugby (UK)
JXN	16.4 kHz	Helgeland (Norway)
RDL/UPD/UFQE/UPP/UPD8	18.1 kHz	Russia (different locations)
HWU	18.3 kHz	
GBZ	19.6 kHz	Le Blanc (France)
ICV	20.76 kHz	Criggion (UK)
HWU	20.9 kHz	Tavolara (Italy)
HWU	21.75 kHz	Le Blanc (France)

5.观察结果

笔者比较关心的是24kHz以下的信号频率，这些信号一般都是人为信号，尤其是这些信号的强度、形式、出现时间。在观察这些信号的过程中，笔者对这些信号的发射端最感兴趣。以下是笔者的一些观察结果，包括规则的信号和不规则的信号。

首先在记录结果中总是可以发现表3中的这些规则信号。

以上这些信号并不会一直在空中存在，所以如果爱好者试验时收不到以上所有的信号也不要奇怪，因为同时收到以上所有信号的可能性很小。图4为接收到信号时的屏幕。

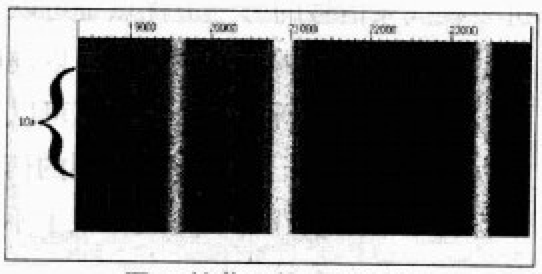


图4 接收到的一些信号

如果硬件、软件都支持24kHz的采样频率，还可以收到频率在23.4kHz的DHO38信号，这个信号的发射源可能是位于德国北部（经纬度：53N05 7E40）的德国海军发射台。

有时还可以发现频率位于22kHz和24kHz间的一个微弱信号。它是来自于美国航天局的信号，这个信号的具体发射源可能是航天局某个试验基地的位置。

除了以上介绍的一些信号外，还可以接收到一些来自电子设备的信号。其中最为重要的就是来自于TV电视线的信号，其频率为15.625kHz。这个信号可以在打开电视机的时候检测到。其他的VLF信号发射源可能是开关发射机和氖气灯管。它们的频率很不相同，这取决于设备的型号。

介绍到这里，接下来的事情就是应该由爱好者们自己去观察实践了，希望大家把观察到的结果拿出来分享交流，也许某一天你就能听到美国海军对潜艇的呼叫呢……还等什么，开始吧！

业余无线电家

中　国　无　线　电　运　动　协　会

北京6106信箱　邮政编码：100061　E-mail: crsa@public.bta.net.cn　Tel: 010-67051200　Fax: 010-67050899　协会网站: www.crsa.org.cn

2008年第2期
总第55期

各地HAM关注震情，积极为抗震工作做贡献

2008年5月12日，四川汶川地区发生7.8级强烈地震，造成周边地区受灾严重，公众通信网络一度瘫痪。在部分尚能提供通信服务的地区，也因为话务量激增造成拥塞。

协会总部了解到地震信息后，通过总部网站及业余无线电热点论坛第一时间发布消息，号召全国业余无线电爱好者积极为抗震救灾应急通信作贡献，并可为当地居民提供报平安等临时通信服务，同时临时指定了短波40 m波段和15 m波段的3个频率作为应急通信临时频率。消息一经发出，立即得到全国各地业余无线电爱好者的积极响应，短短一天时间浏览量即突破4500次。随后，业余无线电的热点论坛网站www.hellocq.net也开出了“汶川地震业余无线电应急通信”专版，用以加速广大业余无线电爱好者信息交流。

震后四川HAM首先行动起来，在力保业余中继电台正常运转的情况下，四川省无线电管理部门协同四川省无线电定向运动协会在成都郊外的风雨中架设起了BY8AA集体电台，作为当地的业余电台指挥台及对外联络的窗口。当地所有电台，包括一些尚未取得电台执照的爱好者，均按照应急通信的要求，利用无线电台设备进行信息传递。部分爱好者得知都江堰及周边地区缺少医疗救助条件时，动用私家车辆开赴那里运送伤员至成都各医院进行救治。更有爱好者携带业余无线电台深入到受灾较严重的地区，将当地灾情和急需物品等情况尽最大努力传送给临时指挥台，信号衰落时，便有热心的爱好者为其中转信息。

5月13日，协会总部在北京地区145.100MHz网络公布志愿者报名方式，江苏省无线电运动协会通过本省电台及网络招募志愿者，北京和江苏地区部分爱好者志愿报名，各地早有HAM已经备好通信器材及相关物资，随时准备跟随其他救援队伍开赴灾区进行通信保障。

截至发稿时，成都HAM已经组成3个小组奔赴汶川保障通信。各地HAM依然在频率上默默守候，他们将再次经历一个不眠夜，为了灾区的人们，为了业余无线电情感，为了力所能及的一份爱心。

2008北京奥运会特设业余电台开台

经国家体育总局、北京市奥组委与工业和信息化部无线电管理局批准，依照历届奥运会惯例，2008年北京奥运会特设业余电台在5月下旬正式开台，使用呼号为BT1OB、BT1OJ、BT1OH、BT1OY、BT1ON，其中呼号尾缀O代表英文奥林匹克，尾缀B、J、H、Y、N则分别代表本届奥运会的五个吉祥物：贝贝、晶晶、欢欢、迎迎、妮妮。

2008北京奥运会特设业余电台将在160m到10m的业余频段内，使用SSB、CW、RTTY进行通信。这些通信的记录可以被用来申请奥运特设台奖状，奖状的规则将随后发布。奥运特设台还将视情况进行SSTV、PSK、卫星、EME或其他模式的通信。

专为奥运特设台申请的网站是www.bj2008ses.com.cn，网站将提供最新信息发布、电台设置信息、每周更新的电台日记查询、QSL卡片收发状态查询等信息。

业余无线电爱好者在与奥运特设台进行通信时，过程应尽量简洁，以确保世界各地的业余电台能尽量多地与奥运特设台进行通信。

全国青少年电子制作/无线电通信竞赛辅导员培训班在连云港举办

全国青少年电子制作/无线电通信竞赛辅导员培训班于2008年3月24日～29日在江苏省连云港市举办。此次培训班共有47名来自北京、河北、上海、江苏、浙江、广东等地的教师、辅导员参加。培训班着重介绍了2008年国家体育总局发布的相关竞赛规程、规则，以及电子制作、业余无线电通信基础知识。

培训班活动得到了江苏省无线电运动协会、连云港市无线电运动协会的大力支持。

天津、四川无线电管理部门全面负责业余电台呼号指配工作

依据工业和信息化部2007年颁发的《业余无线电台呼号管理办法》，天津市、四川省无线电管理部门将分别于4月14日和5月7日起，全面负责指配天津地区的业余无线电台呼号，中国无线电运动协会同时停止预指配上述地区业余无线电台呼号。

在国家无线电管理局的协调下，天津、四川两地无线电管理部门是自《业余无线电台呼号管理办法》颁发后，首批由政府部门指配业余无线电台呼号的地区。期间国家无线电管理部门和我协会总部工作人员还应四川省无线电管理部门邀请，专程赴成都配合完成呼号指配的前期准备工作。

记 2008 年北京市业余无线电台锦标赛

文 / 李朝贵

2008 年 4 月 12 日，由中国无线电运动协会和北京市无线电运动协会主办的“2008 年北京市业余无线电台锦标赛”在北京市门头沟区世纪广场公园举行，有包括北京 626HAM 空间、北京 525HAM 联盟、汽车频道俱乐部以及廊坊飞越俱乐部等 11 个业余无线电俱乐部报名参加。火腿们对此次竞赛热情极高，当日参赛人数近 100 人，另外，由各俱乐部组织了近 300 人的拉拉队及亲友团呐喊助威，比赛现场气氛热烈。这些 HAM 中间不乏资历深、技术精湛的老火腿，也有刚刚进入这一领域的新会员，他们都有一个共同的爱好——业余无线电。

此次比赛设置了2个项目。上午举行的是对讲机通信比赛，每 2 人一组，分男、女青年组、中年组、老年组。下午举行了短波天线、电台架设及听抄呼号比赛，每 6 人一队，共有 11 个队参赛。

上午 10 点，对讲机比赛刚开始不久，天空中就下起了淅淅沥沥的小雨，但并没有影响选手们的比赛热情，他们认真地发送并抄收电文，一丝不苟。最让人感动的是，有两位 60 多岁的老战友，凭着在部队多年的工作默契，获得了此项目老年组的第一名。他们以前是部队通信兵，退休后二人一同入会，为此次比赛，他们认真进行准备，赛前参加俱乐部技术指导，反复进行训练。比赛中，二位老先生的热情丝毫不逊于年轻人，他们迈着稳健的脚步，穿梭于比赛场地。年轻时，无线电通信是他们工作的一部分，如今退休了，业余无线电又成为他们生活的一部分，乐在其中。

下午团体赛的参赛队员，都是俱乐部选出的精英，大家合作默契。每队 6 名成员分工合作，有条不紊地架设天线、电台、听抄呼号，成绩令人满意。最终，团体第一名由北京四元桥汽配城俱乐部获得，汽车频道俱乐部和蝙蝠俱乐部分别获得第二、三名。顺义 HAM 联盟、廊坊飞越俱乐部、北京 TAXI 红绿灯俱乐部获得了道德风尚奖。

活动后，一些 HAM 高兴地说：“比赛的结果不是最重要的，我们 HAM 享受的是比赛中快乐的过程。以前只是在电台里相互沟通的朋友，通过这次比赛，可以面对面地交流感想、切磋技术、比试高低了。锦标赛的成功举办，不仅展示了 HAM 们的精神风貌和竞技水平，同时也为 HAM 们提供了横向交流、相互认识的机会，对本地区业余无线电活动起到了推动和促进作用”。

2008 年全国操作证书等级考核及阅卷工作完成

2008 年全国业余无线电台操作证书考核于 3 月 22 日完成。此次考核，全国共设 34 处考场，参加考核人数超过 2100 人，较去年多出约 500 人。为节约会刊版面，今年三级考核成绩只在总部网站www.crsa.org.cn上刊登，广大会员可以自行下载了解成绩。

同时，为了缩短阅卷工作的时间，减少阅卷工作的误差，协会总部计划在 2009 年等级考核过程中采用机读卡方式答卷，具体方法请关注总部通知。

2008 年全国青少年无线电通信锦标赛、电子制作锦标赛将分别在浙江省举办

2008年全国青少年无线电通信锦标赛和全国青少年电子制作锦标赛将分别在浙江省绍兴市和杭州市举办，暂定无线电通信锦标赛于 7 月 22～28 日举办，电子制作锦标赛于 7 月 31 日～8 月 5 日举办。具体规程、规则将于近期发布于协会总部网站供广大师生和爱好者下载使用。协会工作人员已于 4 月上旬赴以上两地勘察赛场情况及后勤保障条件。

2008 年操作证书等级考核假通联卡片等情况再现，协会总部控制手段将升级

协会总部针对 2006、2007 年操作证书考核中通联卡片作假的两度告诫之后，2008 年度考核中此类现象已经大幅减少，但是仍有少数爱好者利用假卡片作弊，抱着侥幸心理企图蒙混过关。同时首度出现了安徽淮南市 6 名爱好者假冒三级考场的事情，对此协会总部高度重视。本着对全体参考人员公平负责的原则，经总部工作人员研究决定，对制作假卡片、假冒考场的参考人员不再姑息，将予以公开警告、并停止升级考核资格 2 年的处罚。具体名单将公布在协会总部网站，自名单公布之日起，被处罚者可在两周内申诉。

同时，出于增强考核阅卷公平性、透明性的目的，协会总部计划在 2009 年度考核阅卷过程中，正式引入阅卷监督员机制，届时协会会员可以公开报名成为阅卷监督员，多人共同监督阅卷过程，并对阅卷过程中的任何疑问享有提出、取证、公开直至举报的权利。

2008 年第 1 期会刊有奖问答活动受到了广大会员的积极关注和参与，获奖名单见协会网站 www.crsa.org.cn，奖品将于近期寄出，请获奖者注意查收。感谢会员的参与。

2008年业余电台操作证书考核结果

一级操作证书考核通过名单

序号	考场地区	姓名	会员证号	呼号
1	北京	高宁	26318	BD1DQU
2	北京	苏宁	26118	BD1FBV
3	北京	王京	35533	BD1JMJ
4	北京	宋晨	35632	BD1NNG
5	北京	余宁生	32502	BD4IZL
6	北京	张志远	36987	BD3APX
7	北京	张昊鹏	31454	BD4IXA
8	哈尔滨	曾昭燮	5022	BD2AB
9	哈尔滨	关广昌	7842	BD2ED
10	哈尔滨	张久家	9621	BD2EX
11	哈尔滨	王连喜	3095	BD2AV
12	哈尔滨	孙永军	10210	BD2FO
13	杭州	李冬明	8526	BD4SI
14	杭州	冯黎明	20982	BD5CAP
15	杭州	沈颂华	3679	BD5ENA
16	杭州	徐韧	25737	BD5HIS
17	广州	郭君祥	4437	BD7IN
18	广州	杨剑	20930	BD7IUN
19	广州	黎庆昌	15761	BD7IPD
20	广州	黄锦泉	23384	BD7JLR
21	广州	吕画楠	31142	BD7LHY

二级操作证书考核通过名单

序号	考场地区	姓名	会员证号	呼号
1	北京	腾乙达	57626	BG1TGP
2	北京	薛宁	35228	BG1LHK
3	北京	范钧	32130	BG1JBR
4	北京	李向东	54086	BG1RCR
5	北京	隗有恒	54486	BG1QUI
6	北京	房春浩	65992	BG1VWI
7	北京	卞福生	53691	BG1NFA
8	北京	王岩	57671	BG1RWA
9	北京	冯宝禄	56971	BG1RVN
10	北京	李丹	51634	BG1QFW
11	北京	刘伟	35547	BG1JVJ
12	北京	宋长虹	52522	BG1PWG
13	北京	王贵荣	28747	BG1FVL
14	北京	赵志惠	57937	BG1UUK
15	北京	张凤东	35641	BG1LLB
16	北京	黄少华	34130	BG1KIY
17	北京	杨海波	58177	BG1TCC
18	北京	顾峰	65044	BG1OKL
19	北京	张明	65900	BG1WQN
20	北京	郑洪明	52435	BG1QFU
21	北京	孟强	56171	BG1RZD
22	北京	刘祥陈	65261	BG1VFO
23	北京	薛志强	65663	BG1VIT
24	北京	刘学民	65664	BG1VIU
25	北京	孙忆南	10377	BG1NAL
26	北京	崔日杨	33079	BG1IOY
27	北京	张文涛	12702	BG1ND
28	哈尔滨	马长有	23304	BG2ACA
29	长春	勾兴国	28140	BG2IFJ
30	长春	张晴	63501	BG2IMS
31	长春	戴令贵	20027	BG1HFP
32	长春	张弼强	25545	BG2IEQ
33	石家庄	王鹏	63997	BG3PCH
34	石家庄	李志辉	59879	BG3OKK
35	石家庄	刘红卫	56497	BG3OAK
36	天津	王振涛	59585	BG3BNO
37	天津	徐金田	54991	BG3BFQ
38	天津	李英杰	38908	BG3AVB
39	天津	张猛	61751	BG3BXH
40	天津	于长江	13428	BG3ABS
41	天津	魏世平	63505	BG3CEU
42	天津	蔡晓林	61545	BG3BUZ
43	济南	孙继林	54798	BG4JUU
44	济南	沙峰	61807	BG4KUU
45	济南	李志杰	69431	BG4LQA
46	上海	施铧	40117	BG4AKC
47	上海	朱鑫	40294	BG4CZX
48	上海	郑佩	40703	BG4AKT
49	上海	叶树琛	43389	BG4DGJ
50	上海	孙俊威	42670	BG4CHO
51	南京	谢雨	45166	BG4WXY
52	南京	李旌	45379	BG4WZH
53	南京	徐晓明	47111	BG4XQU
54	南京	潘向阳	46484	BG4QHF
55	南京	曹培荣	46660	BG4TUJ
56	南京	冯长辉	45143	BG4XCR
57	南京	宋如海	44597	BG4VES
58	南京	王琦峰	44961	BG4QCF
59	南京	蒋云峰	46842	BG4QIM
60	杭州	杜汉成	1759	BG5CFY
61	杭州	高明武	10699	BG5BAJ
62	杭州	陈旭亦	15913	BG5BLA
63	杭州	张瑞增	23973	BG5DKK
64	杭州	孔震天	25976	BG5BUH
65	杭州	曹伟	38072	BG5CDP
66	杭州	仲俊威	38339	BG5CDW
67	杭州	陈永忠	53291	BG5CEC
68	杭州	金利光	61940	BG5BLG
69	杭州	赵晓	63064	BG5BLY
70	合肥	吴晨曦	4690	BG6AZ
71	合肥	刘忠	31019	BG6AIF
72	南昌	李江强	31511	BG7LMT
73	洛阳	卢旭	50303	BG6IPA
74	武汉	黄俊	62705	BG6QMY
75	武汉	韦俊	30908	BG6QDR
76	武汉	苑芳亭	39933	BG6QGA
77	武汉	刘建生	34682	BG6QEF
78	武汉	张平	11403	BG6QPH
79	南宁	李学东	64629	BG7RJK
80	贵阳	黄河	53041	BG8NCZ
81	成都	吴远光	54610	BG8BWD
82	广州	江斌	32697	BG7LVL
83	广州	陈秋静	34955	BG7MSN
84	广州	陈伟杰	39980	BG7NWF
85	广州	吕伟锋	33954	BG7MFB
86	广州	董顺安	23060	BG7JIJ
87	广州	丁庆林	37280	BG7MVZ
88	广州	曾广明	16565	BG7IBA
89	广州	莫志全	38852	BG7NNB
90	广州	李鹏	30574	BG7LDM

【编者按】本文是对包括上世纪三四十年代老业余家在内的一些业余无线电爱好者们就如何引用历史集体业余电台呼号C9AA所提出质疑的回应，反映了这些火腿和文章作者对业余电台呼号用法的一丝不苟的严谨态度，这种认真精神值得大家学习，促进火腿在今后联络和日常交流活动中正确使用业余电台呼号，维护好业余电台和HAM的整体形象。

文章也使我们从侧面看到当年老一代业余无线电家为争取开展活动所遭遇的困难，从中了解我国业余无线电活动成长历程的艰辛，从而更加珍惜我国业余无线电界今天的兴旺局面。

我和C9AA的一段渊源

文/刘淳（BA1BA）

近年来，曾有一些HAM朋友对于我谈到解放前自己的业余电台呼号为C9AA提出了疑问和意见。这件事情是由于我在理解上的错误和片面性，才不恰当地使用了ex C9AA，对由此造成的影响，我深感内疚和歉意。追溯其根源，有下面一段故事。

1945年8月15日抗日战争胜利，被日寇占领的东北地区，重新回到了祖国的怀抱。有几位由关内回到东北的HAM，于1946年初率先在沈阳开设了个人业余电台，对东北地区业余无线电活动，起到了促进和推动作用。随后长春、大连等城市也先后出现了业余电台。1946年秋季，以沈阳铁路局的技术人员为主的几位HAM，如潘毅/XU4EP、薛明哲、白贺英、李志显等人，常常在一起研究讨论技术和与无线电活动相关的问题，并开始筹划建立中国业余无线电协会（CARL）沈阳分会和集体台，计划在1947年以沈阳分会的名义，参加业余无线电节的空中年会。当时还有几个爱好无线电的中学生在师友的带领和指导下，也参加了他们的一些活动，其中我的年龄最小，是文华中学的初中生。

随着解放战争的进展，到1947年初，长春已被包围，东北地区刚开展不久的业余无线电活动也都因为战事而停止了。参与筹划建立沈阳分会的几位HAM，意识到在这种形势下，要想在五五节时以个人台出来，肯定不行，并且也没有代表性。于是商议，想在业余节前成立沈阳分会，并申请建立集体台，尽力争取以集体台的名义开台，参加1947年空中年会，并开始着手做准备、想办法。首先，与当时的“中国业余无线电协会”联系，申请建立沈阳分会和分会的集体电台，很快得到了批准，还为集体台指定了呼号：C9AA。

白贺英先生是我的启蒙老师，与我家是世交。曾在我家闲谈时提到业余集体电台遇到困难，希望家父能够帮忙。到4月中旬终于来了机会，在一次官方社交聚会中，家父带着我同去。通过我“年龄小，说话可以随便些”的便利，巧妙通过上层关系，终于使得当时的监管部门能够网开一面，允许沈阳的业余电台短暂工作几天，仅限于庆祝无线电节。C9AA获准在5月5日前后几天开台工作，进行业余通信。并于5月4日，在沈阳铁路宾馆举行了沈阳分会的成立集会。有的老业余家回忆，在1947年业余节前后曾经和C9AA做过QSO，但以后就再也听不到了，就是这个原因。

在40余年后的1992年，我国为了开放个人业余电台，曾组织京、沪、穗的一些老HAM进行试点，我当时就是以曾经在C9AA参与过活动的名义，申请开设个人业余电台并得到批准，核配的个人业余电台呼号是BA1BA，至今已有15个年头。在提起过去的呼号时，我曾使用ex C9AA，原因是我曾不恰当的理解，我既然参与过C9AA的活动，当然就是C9AA的成员，使用C9AA也就顺理成章。但深入分析，这样的看法显然是片面和错误的，当时年少，还不够申请加入CARL的年龄，也不能算是集体台的成员。另外，C9AA是沈阳分会集体台的呼号，不是个人业余电台呼号，作为个人的ex使用是不恰当的，这样的用法不对，我当引以为戒。

光阴荏苒，当年C9AA的短暂活动，过去了已经整整60个年头，由这段往事联想到我国业余无线电活动的曲折历程，以及近年来的蓬勃发展，不禁感慨万千。真诚地希望大家能珍惜来之不易的大好形势，本着体谅、忠诚、进取、友爱、适度、爱国的准则，为促进我国早日跨入业余无线电大国的行列而共同努力。

处罚通报

我协会会员张学庆（会员证号54205）在“好运北京”竞赛期间，因非法设置中继电台，被北京市无线电管理局查获并依法没收违法设备。依照《个人业余无线电台管理暂行办法》，协会总部决定对张学庆予以停止操作业余电台1年的处罚，处罚自发布之日起生效。

2008北京奥运会已临近，协会总部希望广大会员以此为戒，遵守无线电管理相关法规、规章，自觉维护电波秩序，共同为奥运会顺利举办而努力。

2008“世界业余无线电日”有感

文/陈 平（BA1HAM）

国际业余无线电联盟（IARU）于1925年决定将每年的4月18日作为“世界业余无线电日”。今年这个节日的庆祝主题是“业余无线电－技术知识的基础”。

笔者以为这个主题对正在迅速发展的中国业余无线电队伍很具有现实意义。

开放以来，业余无线电活动已经在全国各地遍地开花，火腿队伍规模越来越壮大，就像一个娃娃在迅速成长。每一个业余无线电爱好者就像他体内的一滴血液，每滴血液可以有不同的流向，但是都离不开娃娃整体的健康成长，而整体的成长又离不开他的生存环境。娃娃的形象可爱，才能得到外界的更多营养和呵护。

一个可爱的娃娃，身体各部分应该从常人的习惯看起来是匀称的。如果比例失调，脖子和长颈鹿一样过长，嘴巴和河马一样过大，双腿和仙鹤一样过长，躯体和海豹一样过大，恐怕就要遭人嫌弃，生存条件就会变劣。

业余无线电爱好者在世界上顺利成长了100多年，而且得到世界提供的宽阔空间，联合国所有成员国家在国际电信联盟共同制订的《无线电规则》中从紧张的频率资源里总共拨出23GHz多的带宽给业余无线电爱好者使用，占了目前人类规划使用的全部无线电频谱的10%。业余无线电爱好者之所以受到如此幸运的款待，主要是因为这个群体在推动无线电技术普及和发展中的贡献。这反映在这个规则的定义中：“业余无线电爱好者系指……对无线电技术有兴趣的人”，每个国家的业余无线电官方刊物也无不把无线电技术栏目放在醒目的靠前位置，把紧跟技术前沿的新原理、新方法、新电路、新项目作为亮点。由此不难推测，火腿活动要把学习、研究无线电技术作为一个主要方向。

我国业余无线电活动一度中断的时间较长，在以席卷全国的20世纪50年代矿石收音和电子管收音机时代、60年代晶体管收音机时代、70年代9寸黑白电视机、80年代714广播卫星等活动为标志的庞大无线电技术发烧友队伍中，绝大多数没有得到机会留到今天的业余无线电队伍中成为骨干。由于没有开放，只有少数行业才能成为踏人禁区的玩家，导致业余无线电活动一度被错位放到了竞技体育的盘子里。进入21世纪以后，随着老百姓经济实力的迅速提高和业余无线电的日益发展，大量新手趋之若鹜。为了适应需求，防止出现大量违法黑台塞满业余频段而使火腿利益受到严重排挤的局面，按照国际业余无线电联盟关于“低等级门槛尽量放低，最高等级门槛要高”的原则精神，也参考了亚洲一些地区的经验，我国业余电台低等级操作证书的考核标准暂时放得非常低，考核中的技术内容比国际电信联盟的最低要求简化了很多。

种种因素，导致我们今天的业余无线电活动比例不够平衡，对无线电技术的学习研究不够充分，甚至有些新手以为这个娃娃本来就不必需要健全的无线电技术躯干。他们不明白这个娃娃如果离开了无线电技术就会失去生存环境，无论你这滴血液再想怎么流也只能等待干枯。

业余无线电爱好者的技术活动多种多样。为了获得更好的通联效果而制作和改进天线，为了试验新的通信方式而制作接口和附件，设计制作各种简易设备，这些经典的活动不但花费不多，而且可以带来无穷乐趣。

为了成功地完成实践项目，无线电理论学习当然不可缺少。理论学习可以从任何起点起步，有条件找一本教材系统学习最好，但也并非一定非要拨出大量时间去啃书本。只要有心，完全可以经常找到求学的短平快课题：我的业余电台天线对邻居的电磁辐射究竟有多大？离开国家标准有多远？比起放在耳朵边的移动电话手机又如何？马路边随处可见的天线都是什么类型的？工作在什么频段？和自己的天线有什么共同的原理和结构，有什么主要的差别？GPS是怎样用无线电来定位的？和青少年玩的无线电测向有什么相同的原理？为什么调频对讲机和调频广播收音机在收不到信号时会有强烈的噪声，而单边带电台和调幅收音机就没有这种现象？车载短波业余电台开到海拔4000m的高原平地上，天线高度是否就增加了4000m？上海某业余电台使用水平极化的八木天线，在北京接收是用垂直天线好还是水平天线好？有了问题，聚会时大家在茶桌边争论一番，上网时顺便搜索求证一下，日积月累必能学到很多有用的无线电知识。

无线电技术的实践，可以从学习用元器件搭建简单电路开始，也可以从其他更容易上手的项目开始。能不能自制

一根电缆，把个人电脑的图像通过VHF/UHF调频对讲机发给朋友？能不能设计制作一个简单的便携反射器，在野外联络时把对VHF/UHF对讲机天线的能量集中到所需方向？怎样用另一部VHF/UHF电台来测定这个反射器的粗略效果？怎样用两部普通的全波段短波广播接收机，不改动任何内部接线就接收到强力单边带业余电台信号？能不能用430MHz接收机、前置放大器和八木天线做成一个可以大致描绘银河噪声分布图的射电天文望远镜？

业余无线电界的发射操作必须对频率、功率、呼号、方式、联络规范等作出严格的限定，因为无线电频率是全世界所有合法无线电业务共享的资源，必须像马路行车一样有板有眼。频率上不守规矩，或者自以为是地自“创”（闯）规矩也只会给人“下三流”的印象。但是业余无线电界对无线电技术的追求却是没有设定任何界限的。今天的业余技术，明天就可能被移植到其他业务，例如生于火腿的慢扫描电视技术就有被其他业务广泛应用，称为“静止图像传输”；而今天的非业余技术，明天就可能被移植到业余无线电形成新的业余玩法，例如PACKET、PSK31……即使最古老的业余CW通信也起始于其他无线电业务。所以业余无线电爱好者对无线电技术的兴趣应该是广泛开放的，对知识来者不拒。无线电从早期以远距离通信为主要目的的长波、短波通信开始，二战军事需要而刺激发展了超短波移动通信和雷达，后来为克服短波通信不稳定的缺点又推广普及了微波多路接力网，为避免微波接力系统昂贵的维护，又出现了卫星通信干线系统，最后又用建立在无线电技术基础上的光通信取代了容量有限的通信卫星，普及了既稳定又便于最终用户使用的蜂窝移动通信网。新技术不断取代老技术，今天宽带数字通信网已经可以把城镇每一栋民舍连接到地球任何一点的另一栋房屋，甚至通过无线网连到一些移动终端。专家们发展无线电的战略眼光已经从昔日的越远越好，回归到越近越好，他们现在的目标是用数据容量极大的无线局域网、个域网（personal area network），乃至体域网（body area network），把每一个人时刻与整个社会大网连在一起，并通过射频标签（RFID）技术把每一件物品也包罗进去，构成一张泛在网（ubiquit network），形成一种能够实现人与人、人与机器、人与物甚至物与物之间直接通信的全新的信息社会框架。从技术上讲，你在野外跑步，突然想起你放在车库的汽车，马上可以用手机控制器监测它的胎压；由于你过度操心，血压有点波动，你的医生坐在医院里及时监测到这一情况，马上建议你要尽快补进水果；而你家里的冰箱早就检测到苹果即将达到你设定的存货下限而自动向超市发出订货单，你一边跑步一边查询附近超市的苹果进货时间，甚至搜索某一个苹果从生产开始的质量履历。大量数据的无线电交换、不同种类设备的兼容、避免干扰和其他安全问题，要求开发更新的技术，研制更新的无线电器件。国际电信联盟给业余业务预留了大量的频率，而现在业余无线电界经常光顾的还只占其中的不到一成。如果火腿们只满足于过去的玩法，不去关心整个无线电技术的发展动向，那么这个“娃娃”就会像长不大的侏儒一样。现在中国已经成为世界最大的无线电市场，无论移动通信网，还是各种其他无线电设备，中国的无线电技术和产品的地位正在迅速上升。我们的火腿除了积极学习国外业余界已有的精华外，应该从更广泛的无线电新技术中汲取更多的营养，为业余无线电的发展摸索新的天地。

青少年无线电教育是培养下一代的社会职责。就笔者的体会，现在一些有组织的青少年无线电教育活动的科技含量还不如五六十年代高，形式过于游戏化，内容过于陈旧化，与日新月异的无线电新科技脱节严重。广大业余无线电爱好者，尤其是在教育界工作的业余无线电爱好者，应该有责任加以关注，通过实践创新为迅速提高青少年无线电科技活动的水平做出好的榜样，不要把对无线电科技感兴趣的青少年们的眼光绑定在有限模仿型竞赛的奖牌上，而要以各种办法鼓励他们瞄准未来，学会走无限进取型的道路。

当然，我们也应该积极提倡业余无线电的其他各种活动，例如DX联络、DX竞赛、DX远征，以及准备随时服务于社会的业余无线电应急通信训练等，除了技术躯干，娃娃还得有匀称的头、颈、四肢、五官，才是健康的中国业余无线电“娃娃”。

“业余无线电－技术知识的基础”，今年“世界业余无线电日”的这个主题真的不错！

附表 我国无线电主管部门分配给业余业务和业余卫星业务的无线电频率一览

1800～2000kHz	21000～21450kHz	1260～1300MHz	10.45～10.5GHz	122.25～123GHz
3500～3900kHz	24890～24990kHz	2300～2450MHz	24～24.05GHz	134～136GHz
7000～7100kHz	28～29.7MHz	3300～3400MHz	24.05～24.25GHz	136～141GHz
7100～7200kHz	50～54MHz	3400～3500MHz	47～47.2GHz	241～248GHz
10100～10150kHz	144～146MHz	5650～5725MHz	76～77.5GHz	248～250GHz
14000～14250kHz	146～148MHz	5725～5830MHz	77.5～78GHz	
14250～14350kHz	430～440MHz	5830～5850MHz	78～79GHz	
18068～18168kHz	1240～1260MHz	10～10.45GHz	79～81GHz	

注：1．各段频率的详细情况见《中华人民共和国无线电频率划分表》；
2．各频率的具体使用应取得相应无线电管理机构（一般为颁发电台执照的部门）的批准。

又一届中国业余无线电节

文/朝 晖

2008年5月2日，今年的中国业余无线电节在湖南长沙顺利举行，笔者有幸驱车赶到长沙参加了这次活动，现为大家介绍一下笔者一天的见闻。

大会上午9点开始，时钟接近9点，到场的HAM越来越多，签到后发给人场券、活动宣传彩页和CRSA徽标胸针一枚。这次年会是中国无线电运动协会总部首次离开北京举办五五节，而且早在1个多月以前就开始宣传，自然吸引了全国各地不少HAM。

协会总部选定的会场是长沙市会议中心，那是省直机关开会的场所，礼堂宽敞气派。活动正式开始前，会场两侧的大屏幕上轮换播出着国内外业余无线电的资料影片，有些外国资料笔者还从未看到过，很吸引人。

不一会儿，会场里已经进来了不少人，他们或者聚精会神地观看影片，或者三三两两低声谈笑着。这时，只见一位年事已高的长者坐着轮椅进入会堂，被众多人簇拥搀扶着坐下，而且立刻就成为了很多HAM的焦点，大家纷纷围拢过去，争相问候并观看他带来的一些资料，那是一位德高望重的老业余家。

图1 业余无线电节会场内

时针上午已过9点，大会开始。首先是领导讲话。这次工业与信息化部无线电管理局的工作人员，也是业余无线电爱好者的尹虎(BD1AZ)，为了这次业余无线电节专程从北京赶来并发表了讲话，这说明国家管理部门对我们业余无线电业务的重视。会场大屏幕上还同时开始轮番播出一年来全国各地业余无线电活动的照片，有黄岩岛国际远征队通信、ARRIS通信，野外架设电台、07年55节剪影、历次竞赛回放等活动的照片。

大会上协会秘书长，深受大家爱戴的陈平老师(BA1HAM)介绍了业余无线电的发展方向及无线电科技发展，从他的介绍中，笔者第一次听到了什么“泛域网络”等科技发展的名词，BA1HAM还介绍了无线电发展的趋势和我国现阶段业余无线电发展与国外的差距，让我辈感到业余无线电其实一点也不“业余”，其发展任重道远。

童效勇老师(BA1AA)讲述的五五节历史引来了HAM们一片掌声。童老师是我国个人业余无线电活动的老一辈工作者，亲历了建国后大部分与业余无线电相关的历史事件，在HAM界有很高的声望，他和陈方老师/BA4RC合著的《业余无线电通信》一书更是每名入门爱好者的必读。本次活动主办者请来了这么多重量级的人物，让笔者觉得不虚此行。

图2 BA1AA讲述五五节的历史

大会还为此次活动的志愿者颁发了协会的证书。这次活动有40多位志愿者，他们为这次大会付出了很多时间和精力，体现了HAM友爱互助的精神。

大会最激动人心的环节是HAM抽奖活动。协会总部这次特意从北京运来了大量的纪念品用于抽奖。四等奖是进口天线、车载天线卡夹及连线，抽到奖的HAM都很开心。三等奖奖品是是国家频率规划手册，150块钱一本哦，笔者

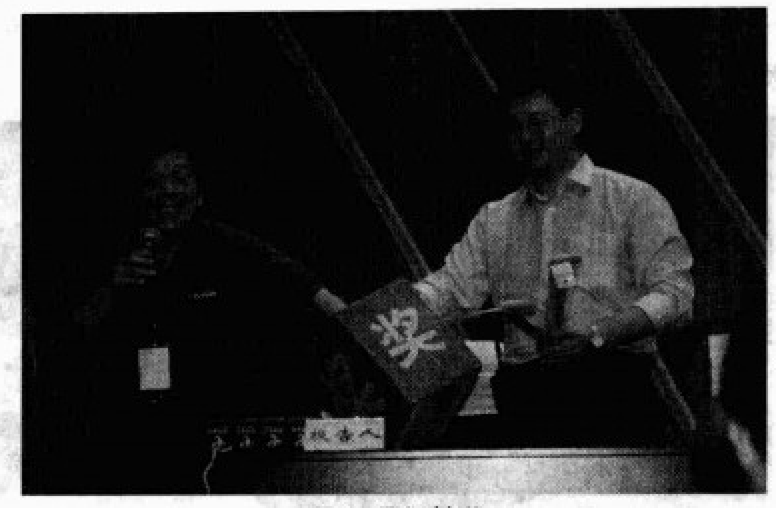


图3 现场抽奖

图5 热闹的产品推荐活动

一直想买一本，可是又舍不得，不知道得奖的朋友肯不肯割爱呢？二等奖是通信专用电源，这是大家眼中的“干货”，实实在在拿回去就可以用的东西，得奖的HAM眼睛笑眯成一条线，羡慕啊！一等奖是车载GPS，还有一个特等奖——ICOM的IC208H双频段车载电台！

大会上主持人向大家介绍了台下就坐的老先生，他是1946年参加业余无线电活动的老业余家，解放前就和众多国外业余电台联络，今年已经90岁了。他听说要在自己的所在的城市举办业余无线电节，特意在家人陪同下前来。他所带来的资料足以证明他的资历，协会总部将根据相关办法为他办理协会终身会员证书。台下的HAM无不表示深深的敬意，为老先生几十年如一日热爱业余无线电事业的精神所折服。

图6 本次活动特设业余电台BY7HL

图4 到会的长沙老业余无线电家（中间）

大会上还进行了2007年两项协会重要活动的报告——黄岩岛国际远征和南京国际空间站通话活动的介绍。

大会报告进行的同时，场外的内容也比较丰富。跳蚤市场现场“开业”，很多老款对讲机摆在一个长桌上供大家挑选，桌前挤满了人。《无线电》杂志、ICOM、KENWOOD、好易通、科立讯等赞助单位的推介活动也热闹地进行着，还现场赠送小纪念品。

当地电视台的记者正对着一部电台猛拍，过去一看，原来是本次活动的特设业余电台BY7HL正在和全国各地的HAM做通联。现场电台值机是每次业余无线电活动的保留节目，也是和全国HAM沟通和互动的最好方式之一。

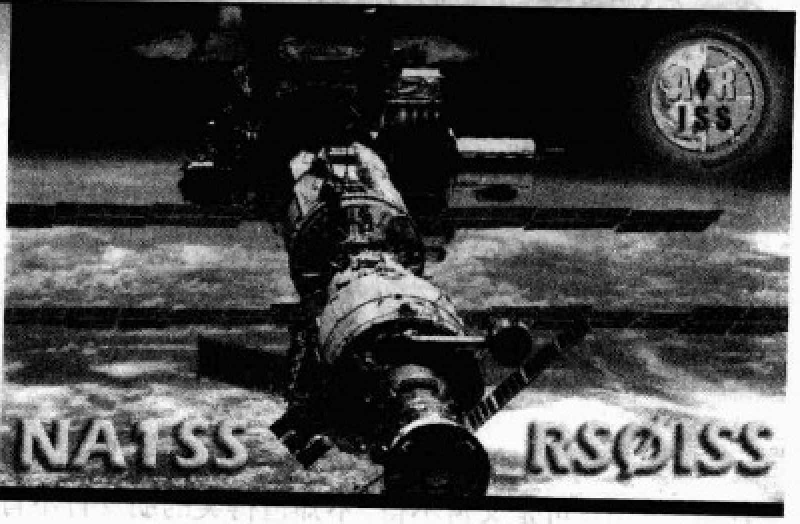
中午的宴会过程中，抽奖活动一直不断。从天线到T恤衫，从名片盒到CQ分区图，一轮轮总也抽不完，怎么会有这么多奖品啊？哈哈！“硬通货”也比上午的抽奖要多得多，看来抽奖的重头戏在这里啊！对讲机、天线、VHF频段功率放大器、进口开关电源、即将出版的美国《业余无线电手册》中文版、掌上影音学习机、7寸屏幕多功能无线上网电脑……哎哟，真丰富啊！据说这些奖品都是各地的HAM自愿赞助的。在此要深深感谢各位赞助奖品的“大佬”啦！

宴会结束后，童老师、陈方老师现场签名售书、器材展销、二手市场、协会总部补发会刊、现场收取会费等活动陆续展开，每处台前都是人头攒动，还有不少HAM聊得意犹未尽，继续谈笑风生，好不热闹！直到临近下午四点，人群逐渐散去，全天活动宣告结束。

可以说，今年的活动是CRSA总部的一次有益尝试，希望总部能把每年五五节的活动带到全国各地，让更多的HAM能参与到活动中来，为HAM提供形式更丰富多样的交流机会！

【编者按】2008年4月1日，上海BY4AY与国际空间站NA1SS、RS0ISS成功进行了地－空对话，这是国内第二次依靠业余无线电技术完成宇航员与中学生通话的活动。对于HAM，最关心的莫过于这次活动的技术背景和相关信息，本刊特邀请了这次上海ARISS活动的技术支持人员谈谈活动的一些技术情况。

我们听到了来自太空的声音



文/郑侃（BG4AKT） 施铧（BG4AKC）

2008年4月1日，“我问星空”——对话国际空间站宇航员活动在上海市科技艺术教育中心举行（集体电台呼号BY4AY)。这是继去年8月南京中学生成功与国际空间站通联后，中国学生第二次通过业余无线电台与国际空间站的宇航员直接对话。笔者作为本次活动的技术支持及保障，亲身经历了活动的全过程。

通联的设备

1.国际空间站业余电台的情况

电台呼号：NA1SS、RS0ISS。

使用频率：下行145.800MHz，下行频率同样为2m波段，但不公开。

调制方式：FM调频。

电台设备：KENWOOD D-700。

功率：由于空间站能源较为宝贵，一般使用10W功率。

天线：四分之一波长直立天线。

KENWOOD D-700

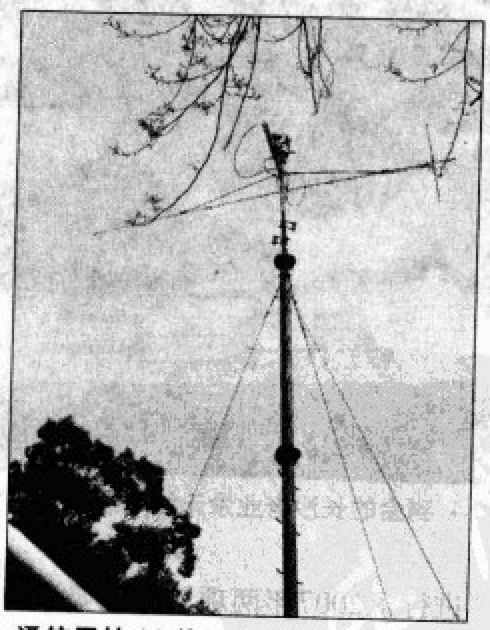
2.地面业余电台所需的设备

电台设备：2m波段大功率电台，带SPLIT功能，本次通联使用IC-910H。天线及跟踪器：两米波段高增益天线，通常采用八木天线。本次通联中采用了法国F9FT TONNA 11单元十字交叉八木天线，增益高达14.1dBi。由于八木天线指向性较强以及空间站移动速度快，还需配备通过计算机及软件操纵的控制器及旋转器控制天线水平指向和仰角，如CreateDesign公司的产品。

跟踪软件：CALSAT32、WiSP、WinOrbit等免费软件。

馈线：使用低损耗50Ω同轴电缆，本次通联选择了Fujikura 8D-FB低损耗同轴电缆。

IC-910H



通信用的11单元十字交叉八木天线

当天通联过程回顾

根据跟踪软件预测，国际空间站（ISS）将于北京时间4月1日16：06：32出地平线，方位角208.2°，距离地面2137km，16：11：22达到最大仰角34.3°，此时方位角为130.4°，距离地面2137km，16：16：15落入地平线，方

位角53.3°，距离地面2212km，理想通联时间共9分43秒。考虑到通信距离以及电台处于市中心，周围高楼大厦等建筑物遮挡较多，预计地平高度在10°以上才可以进行通话，即16：08：44～16：14：02，实际通联时间预计5分18秒。

经过最后的检查，收发信机、跟踪软件、跟踪器、天线旋转器、天线等设备一切正常，一切准备就绪。

“15秒，10秒，5秒……”，16：06：32，来自上海华东师大二附中的钱易婍开始向太空发出呼叫：“N A 1 S S，NA1SS，NA1SS，this is BY4AY calling and standing by.”

第1次，无应答，意料之中。

第2次，无应答，意料之中。

第3次，无应答，不慌，仍然在意料之中。此时时钟指向16：07：37，ISS的方位角204.9°，仰角4.0°，直线距离1723km，天线跟踪正常。

第4声、第5声、第6声……始终没有应答。

16：10：09，ISS到达正南面，仰角达到22.7°，直线距离800km，依然没有收到应答。我们不时地望着场外的天线。

16:10:30，方位角170.1°，高度27.0°，距离688km，现场开始有些躁动了。ARISS亚太地区负责人安田先生到我们工作席来询问情况，我方显示设备工作正常，各项数据显示正常。

钱易婍依然沉稳地在呼叫，从未间断。

16：10：40，第15次呼叫后，扬声器里传来了一个微弱信号——在工作区的我们微微一笑，习惯于短波通信的我们对这种小信号很敏感，我们知道，这是来自国际空间站的信号。此时国际空间站方位角150°，仰角32.5°，距离地面598km。信号清晰稳定。

再一次呼叫之后，16：10：55，听到传来清晰的声音“BY4AY，this is NA1SS.”顿时现场掌声雷动！数据显示，此时国际空间站方位角150°，仰角32.5°，距离地面598km。信号清晰稳定。

随后的通话比较顺畅，一切按计划进行，美国宇航员吉瑞特·雷斯曼博士对8名学生的提问一一进行回答，语言风趣幽默，富有感情。

16：14：05，信号中噪声的百分比越来越大，信号衰减很快。此时ISS方位角61.8°，仰角9.2°，距离地面1334km。

16：14：37，噪声覆盖了吉瑞特·雷斯曼博士的声音，我们知道，国际空间站即将离开上海上空。此时ISS方位角58.7°，仰角6.2°，距离地面1545km。

整个通话总共时长3分57秒。

媒体和观众的疑问

应该说，这次活动是成功的。但大多数观众和媒体都会问到同样的一个问题：为什么预计的通信时间有9分多钟，而实际的通话时间只有3分57秒？去年南京的ARISS通联时间也达到了9分钟，本次通联在时间方面为何会有如此大的“缩水”？

无线电通信的有效距离与设台地点周围的环境、通信当天的天气情况等因素息息相关。在ARISS活动中用到的2m波段属于超短波，超短波无线电波波长较短，在空间的传播为直线传播，因此超短波通信的最大距离取决于周围的环境以及天线的高度。事后我们从上述环境和天线的情况来分析通信事件“缩水”的原因。

我们先来看一下本次通联的几个主要时间：

时间	说明	ISS方位角（°）	ISS仰角（°）	距地面距离（km）
16：06：32	ISS出地平线	208.2	0	2137
16：10：40	收到信号	161.6	29.9	637
16：14：05	信号开始衰减	61.8	9.2	1334
16：14：37	信号消失	58.7	6.2	1545
16：16：15	ISS落地平线	53.3	0	2212

再看看BY4AY的天线架设情况及周围环境。

BY4AY的地理位置位于上海市中心的徐汇区，从大环境来看，主要通信方向西南面有徐家汇商圈，东北面有淮海路商圈，均是高楼林立。从小环境来看，天线架设地点的正南面大约20多米处正好有一幢6层（约20m）高的居民楼，西南面、南面、东南面的仰角30°以下的信号几乎完全被遮挡住。由于上海市科技艺术教育中心的房屋多为三角尖顶的老式洋房或者临时房屋，房顶不适宜架设天线，所以临

通信前，ARISS亚太地区负责人安田先生（7M3TJZ）与主叫学生和工作人员交流

时架设的天线距离地面仅有10m。

结合超短波通信的特点以及以上两组数据，我们就能看出本次通联的时间之所以比理想通联时间要短很多，基本上是出于周围环境的原因。从ISS出地平线到我们接收到ISS信号，有4分08秒的时间间隔，占了理想通联时间的43%。这段时间主要是由于天线架设地点南面居民楼的阻挡。从ISS仰角9.2°开始信号逐渐衰减，也与我们的预计相符合。而从ISS仰角6.2°开始信号消失到ISS落地平线的时间为1分38秒，也与我们的估计相吻合。

活动一结束，笔者马上联系了上海近郊松江、金山等地的无线电爱好者，了解他们收听ISS下行信号的情况。松江的HAM使用FT-7800+NL-770S在16点07分就收到了NA1SS呼叫BY4AY的信号："BY4AY, this is NA1SS, do you remember me? "，信号强度有53。这比我们BY4AY收到ISS信号的时间提早了2分半钟，我们判断这是由于松江地域相对空旷，周围环境较好，所以较早地收到了空间站的信号。这也证明了我们上述的结论。

本刊编辑针对文中作者提出的问题，邀请BA1HAM进行了解答，希望对作者和读者都有所帮助：

航空移动不使用调频不是因为多普勒效应，而是调频接收虽然在信噪比较高时音质较好，但信噪比较低时输出伴有强烈的噪声，接收微弱信号的效果很差，一般为避免无信号时的噪声影响操作环境而使用"静噪（通信中英文为squelch，广播中多用mute)"。这样与噪声电平相当的弱信号就干脆收不到，对安全构成威胁。而SSB通信对频率的精度和稳定度要求较高，加上航空最早的传统通信方式是调幅，制式的改变会导致部分飞机的通信出现问题，所以沿用调幅。

至于飞机的多普勒效应对通信有影响，但不明显。假设飞机速度每秒300m，3m波长(100MHz)信号由于迎向和背向路径差别造成的最大频偏只不过200Hz，对于调幅通信而言只是6kHz的通带有少量不对称，对最高频率的音频质量有一些影响，对于调频通信的数以10kHz计的信道来说影响就更少了。对于频率最敏感的单边带方式，这样的频偏会有可以感觉的影响，但不影响解读。

关于ARISS通联，ISS对地面的相对速度比飞机快得多，多普勒效应是明显的，但是调频方式本身带宽很宽，ISS的信号强度又比较强，即使频率偏移，被接收机的滤波器削剩的信号还足够用，且调频对幅度变化很不灵敏，因此感觉不到影响。从理论讲实际总是有影响的，ISS飞向和飞离时接收到的信号频率从偏高变到偏低，调频接收机鉴频输出的平均电平会有变化，表现为输出电压有直流成分有漂移，但是话音调频接收机后面的音频部分不会对直流信号有任何响应，所以感觉不到。

在卫星通信中，如果功率小、轨道远，信号可能很弱，即使调频接收也必须对频率作多普勒补偿，否则信号衰减会比较明显。

如果使用单边带或者直接调频的FSK方式，则无论信号强弱，在ISS和卫星通信中总是需要多普勒频移补偿的，因为这些方式本身对频率敏感。

总结和思考的问题

1. 本次通联由于周围环境的因素致使有效通联时间大大缩短。以后在举办类似活动时，一定要注意到周围地理环境，尤其是小环境，在天线架设地点附近ISS升起和降落的方向无明显超过天线架设高度的建筑物。这样可以尽可能地延长有效通联时间。

2. 空气湿度对超短波传播的影响。有媒体报道，因为近日天气不太好，水气较大，所以造成噪声和干扰比较多，致使通信时间缩短。但根据我们的经验，一般在比较闷热的天气情况下，超短波传播情况会出其不意地好。在前两年的黄梅雨季前，有杭州及青岛的HAM打开上海UHF中继。空气湿度对超短波传播是好还是坏，还要根据具体情况讨论。

3. 我们知道，在航空移动通信中，视距通信一般使用超短波或微波波段。为了抑制飞机速度快而产生的多普勒频移效应，故通常不使用调频（FM）而用调幅（AM）或单边带(SSB)调制。在ARISS通联中，国际空间站的移动速度达6.7km/s，而且通信的调制方式为调频（FM），但在通联中我们并没有发现明显的频率漂移现象，语音清晰稳定，这是否是收发信机自动进行了补偿?

后记

无线电通联的成功，需要同时满足一系列的因素。我们进行ARISS通联也正是一项科学实验，正如所有的实验一样，在通联结束之前，无法确定是成功还是失败。虽然本次通联时间比预计有所缩短，仅有8名学生得到了宇航员的回答，但通联中信号清晰、语音稳定，从呼叫到现场语音图像，均由学生自己完成，活动仍属成功。此次活动中，广大的HAM提供了有力的设备及技术支持。BD4CFT提供了通联中使用的IC-910H，并帮助采购了天线、旋转器等设备，BY4BJA提供了备份电台FT-736R，充分体现了HAM友爱互助精神。

器材展台

文/杨 法（BD4AAF）

IC-2820H

目前业余电台市场上最新款的明星机型，全配的机器支持D-STAR数字语音模式和GPS定位以及信息交换是2820H的显著特点。全点阵显示屏和多元化的显示方式给人耳目一新的感觉，包括大字体显示和带简易频谱显示。带磁性的可分离机头控制面板提供了更多的安装方式。2720和2820的手咪遥控功能之全是历来少见的，基本操作几乎不用再需要去碰控制面板。2820H的VHF/UHF双50W发射功率配置，让追求高功率发射的朋友有了新的目标。

IC-92AD

IC-92AD是ICOM新推出的一款144MHz/433MHz双频段手持对讲机，该机型是在IC-91AD基础上进行升级的产品，它承袭了IC-91AD所有优点，并进行了改进，主要的特色功能有：

1.具有IPX7级别的全机完全防水功能，能够在1m深的水位下放置30分钟左右。这一点，让92AD能很好地适应严酷的户外环境使用。

2.该机型可以外接可选的GPS话筒HM-175，话筒中内置GPS接收器，使机器可具备与IC-2820H同样的GPS(地理信息处理系统)功能，显示出使用者所在位置的数据，并提供自动定位报告。在DV模式下，还能用第三方的GPS接收机传输定位数据。

3.在144MHz和430MHz具有5W的典型输出功率值，并具有4挡发射功率选择。

4.在DV模式下具备内置录音功能。

5.可选的PC远程控制功能。

6.提供1304个存储信道。

7.具备更长待机时间。

科立讯 PT3800

国产对讲机中的又一新作。总体属于目前主流国产中档机水平，在一些功能方面有了进一步加强，体积比较小巧，400MHz～470MHz宽工作频段，内置模拟CTCSS和数字亚音编解码、高功率发射、标配锂电池，支持VOX声控功能。由于是全段的机器，所以业余和商用两相宜。该机支持手动频率输入功能，正对业余电台用户的“胃口”。PT3800具有紧急告警功能，这在一些专业机上比较常见，对于一些行业用户作用更大。

好易通 TC610

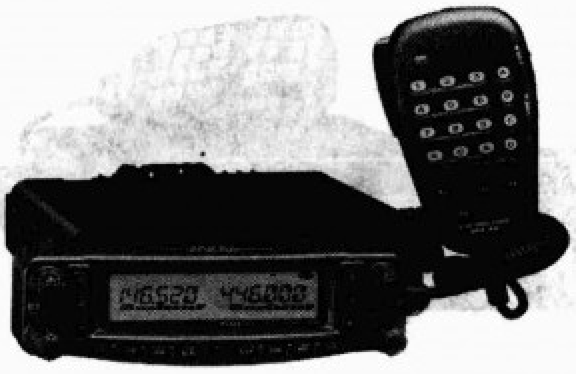
TC610是一款结实耐用的对讲机，可以说是对讲机中的“战斗机”。TC610没有业余玩机的液晶屏和花哨功能，就像当年的MOTOROLA GP88一样，以通话品质和耐用性而打天下。TC-610具备5W发射功能和高效率长天线保证发射强劲，大于1W的音频输出功率配合45mm大口径扬声器，确保在嘈杂场合也能清楚收听。TC610具备IP66防水防尘设计，按标准这意味着完全防止粉尘进入和防止猛烈海浪和强喷水，这也说明了产品有很好的密闭性，在灰尘较多的工地使用可以保证其寿命，冒雨工作也不在话下。

YAESU VX-7R

VX-7R 最大的特点是防水，非常适合在比较恶劣的环境中使用。7R的主要扩展功能是增加了气压片，通过测量气压的变化来提供高度和短时间天气变化趋势信息，这同很多高级户外手表提供的功能和原理是一样的。加上 YEASU 的圈外提示功能，确保通话双方都在有效通信距离内，可以说 VX-7R是目前市场上最适合户外爱好者团队使用的对讲机，不用担心雨淋。尽管它的价格要比409MHz免执照的对讲机贵得多，但其功能也强大得多。作为一款对讲机，7R具备目前高端业余手持机的基本要求，三频双通道＋宽频段接收，适合迅速接入各类常规模拟通信系统。

FT-8900R

FT-8900R 的特点是具备4个频段发射，除了常规的144/430MHz频段外，还支持10m波段和50MHz的发射。8900R的价格只比它的“兄弟”双段的FT-8800R贵了不到500元，但多出了2个发射波段，在同类产品中还是有一定价格优势的，适合用户追求功能“多而全”的心理。10m波段属于短波的最高频段，相比超短波有时可以通过电离层反射联络到更远距离的电台。FT-8900R具备四频双通道，可实现大功率发射，支持机头分离安装，车载和固定使用两相宜。



WOTO™ 深圳市华通通讯有限公司

真诚为广大业余无线电爱好者服务

深圳市华通通讯有限公司经深圳工商行政管理局批准成立于2003年，我司代理八重洲YAESU、ICOM、建伍、钻石天线等业余无线电产品。一直以来专业从事业余无线电销售工作，在全国各地拥有众多的火腿客户。经过多年的努力经营，我们现在拥有成熟的渠道操作经验，欢迎全国各地的业余无线电商家联系合作，共同拓展我国的业余无线电市场。更欢迎全国各地的火腿们联系咨询，我们将为您提供优质的产品和服务。

公司地址：广东省深圳市福田区华强北路赛格科技园二栋东A410
服务热线：0755-83763900
0755-83763905
公司网址：http://www.woto.cn
电子邮件：sales@woto.cn

VX-7R
防水对讲机

FT-8900R
四频段车载电台

FT-950
专业级短波电台

FT-7800R
超值的双段车载台

全国诚征八重洲经销商

VHF/UHF车载电台六大常备配件

文/杨 法（BD4AAF）

在本刊第3期，笔者主要介绍了手持电台的选购配件，本文就车载台常备的选购配件作一介绍。如果说手台的配件主要是功能和应用的拓展，车载台的配件则更多的是使用的便捷和性能的提升。

车载台的配件不多，主要有天线系统、多功能手持话筒、分离安装组件、扩展扬声器、功能扩展单元和混合器等。

1.天线系统

车载电台的天线一般都不是标准配件，而且大部分业余电台厂家也多不提供天线产品（一些特殊功能的配套天线产品除外）。所以一般用户可根据自己的应用需要选购不同档次的第三方车载天线以及吸盘/夹边。具体的选购策略在前几期的《无线电》杂志中已有专门的介绍。对于一些具备低波段发射的三频段车载台（如FT-8900R），虽然市场上有一些专为它设计支持10m波段的车载天线，但这类天线较长，使用不便，在U/V段的性能一般，价格比较贵，所以并不推荐这样的天线。一般实惠的做法是选一条中等长度的高性能U/V双段天线，再配一条10m波段专用天线，需要用10m波段时临时拧上去，这样比较经济实惠，而且性能也好。对于YAESU FT-897/857原厂提供的ATAS-120自动调谐天线，频率覆盖从短波到430MHz，非常适合FT-897/857多频段的机器作为超级车载天线。

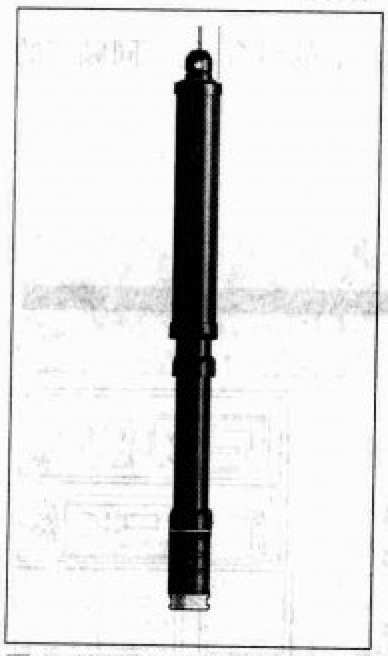


图1 ATAS-120自动调谐天线

2.多功能手持话筒

车载台的手持话筒一般按功能分为标准话筒、DTMF话筒、多功能话筒。欧美系的机器还提供不同大小形状和重量的手持话筒可供选择。标准型话筒功能比较单一，主要就是提供PTT按键和话筒，当然价格也是最低的。DTMF话筒上有类似电话的拨号键盘，可以发出双音频信号，主要用于有电话接驳或DTMF选呼的系统，对HAM的作用不大。多功能话筒在DTMF话筒的基础上另外提供了频率直接键盘输入和常用功能控制（需要车载台支持），典型的产品是IC-2720用的HM-133话筒和FT-7800/8800用的MH-48话筒。国内销售的FT-8900标配的是不带键盘的MH-42话筒，如果用户另外选购MH-48话筒就能实现频率直接输入功能。另外还有一些利用蓝牙传输的无线话筒，虽然价格昂贵，但省去了传统有线话筒螺旋线的限制，使用户操作起来活动范围更大，类似于无绳电话。需要注意的是，不是所有带键盘的话筒都支持键盘频率直接输入，还需要话筒和机器都支持并兼容才行。

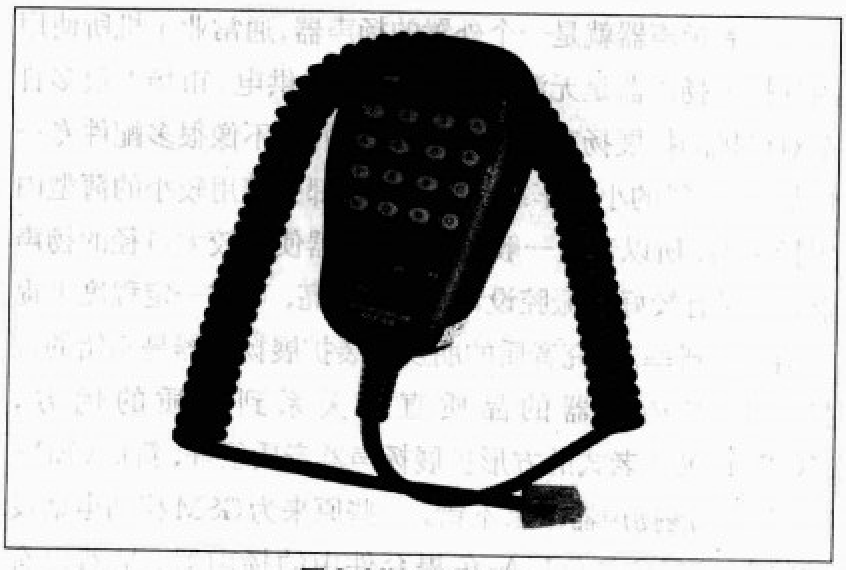


图2 MH-48话筒

3.面板分离安装组件

面板分离安装组件主要包括机头、面板、主机连接线和机头面板固定器。使用面板分离功能非常适合空间较小的小型汽车安装，当然要使用该功能需要机器支持，现在主流的车载台FT-7800/8800/8900、IC-207/208/2720/2820都支持机头分离。机头面板主机连接线有原装和组装之分。很多型号的车载台使用的连接线仅仅是RJ12(6PIN)水晶头的连线，非常容易自制，就像压网线一样简单，而原装线价格较高，所以很多用户都自己DIY。对于IC-207/208一类需要专用接插件的延长线就需要购买原装配件。面板固定器可以方便地固定分离安装的机头，与直接用双面胶固定相比，专用的固定架方便机头拆卸，至于这个固定架是否物有所值，就要看个人的要求了。目前市场上已经出现仿制的FT-7800/8800塑料固定架，价格便宜，不少商家还随机附送。

4.扩展扬声器

图 3 MOTOROLA 老式方形扩展扬声器

扩展扬声器就是一个外置的扬声器，通常业余机所使用的外扩展扬声器是无源的，不需要独立供电。市场上很多日系对讲机的扩展扬声器接口是通用的，并不像很多配件专一性很强。一般的小型车载台限于体积都会使用较小的薄型内置扬声器，所以音质一般。扩展扬声器使用较大口径的扬声器，同时有较好谐振腔设计，声音洪亮，可在一定程度上提高语音分辨率。讲究音质的朋友安装扩展扬声器是不错的选择。扩展扬声器的品质直接关系到音质的优劣，MOTOROLA老式的方形扩展扬声器音质很好，新货VERTEX的扩展扬声器效果不错。一些原来为GSM移动电话设计的MOTOROLA免提套件中的扬声器，虽然也有MOTOROLA标志，但用在对讲机上性能一般。

5.功能扩展单元

同手持电台一样，功能扩展单元主要有CTCSS亚音编解码片、集群逻辑片、数字语音片、语言整理（加密）片，都是扩展电台应用的特定配件。

6.VHF/UHF 混合器

一些双段电台的VHF和UHF分开输出的或者你有一部VHF电台和一部UHF电台，但你希望使用一条双段天线，就可以通过V/U混合器（MIXer）实现。混合器理论

图 4 VHF/UHF 混合器

上就是一个高通滤波器和低通滤波器的组合，使不同频率的信号走不同的通道。

漫画

『火腿"心"事』

图/马长有
（BG2ACA）

LT-6100Plus 使用报告

文/聆 听

在很多老HAM传统观念上宁要二手进口机也不选国产机，这不是说人的虚荣心，而是早期国产的对讲机确实性能与进口货有一段距离。过去国产对讲机给人的印象是虽然价格相对便宜但技术落后、体积大、发射功率小、功能少、频率设置调节不方便。随着科技的发展这些已成为老黄历了，近几年来我国很多民营企业的对讲机生产水平飞速发展，很多产品已经可以与进口机一比高下。下面就介绍一下目前市场上具有代表性的一款产品，让我们感受一下国产对讲机便宜也有好货。

LT-6100Plus是在LT-6100基础上针对业余无线电市场的一款功能加强型手持对讲机，俗称“灵通 6100plus”。该产品增加了很多个人业余无线电爱好者所期望的功能，同时兼顾专业市场。高发射功率、400MHz～470MHz全覆盖、真信号强度表、内置亚音编解码、标配语音加密、调频广播接收功能、标配锂电池都是这款对讲机的卖点所在，适中的价格加上众多功能卖点，使得它成为2007年度业余电台市场上国产手持对讲机中耀眼的明星，也成为入门级业余电台人员的首选设备之一。LT-6100Plus定位于单频段单通道多功能小型对讲机。

外观一瞥

当你第一次看到LT-6100Plus，绝对会让你联想到进口品牌YAESU的VX-2R微型对讲机，其外观造型就像是一台放大版的VX-2R！有很多男士认为2R体积实在太小，基本没有手感，LT-6100Plus由于体积的增大，手感要好很多，不过LT-6100Plus总体与市场上常见的对讲机相比还是属于比较小巧的机型，比MOTOROLA GP338、GP3688要小很多，略小于MOTOROLA VISAR，三围实测基本为53mm × 98mm × 29.5mm（不含突出物），厂家标称重量220g。外壳采用黑色工程塑料，不会有掉漆的隐患。仔细看就会发现它的键盘排列和操控方式与VX-2R完全不同，但菜单显示方式还是能感觉到2R的一点影子。由于面板的增大可容纳标准键盘，有了键盘，2R的那些功能键就不需要了。LT-6100Plus配备了带背光的3 × 4键盘，键盘除了用于频率直接输入外，大部分按键都具备单项二次功能，通过F键的组合启用二次功能，这样的设计在日系的对讲机中广泛被应用，使常用的操作更为快捷方便，不用事事都到菜单里找。在6100Plus的顶部为机器的电源与音量开关，为单旋钮设计。传统的对讲机步进调谐旋钮则通过在机身面板中部左侧设计一对上下按键来代替，传统静噪旋钮也被取消，取而代之的则是在菜单中通过数码方式来设置静噪深度，这在节省成本和简化工艺上很有好处。机器面板上部通过一道光柱引出收发指示灯，这样显示面积较大也更清晰。显示屏和键盘的背光系统采用橙红色照明并具有开机提示音，LCD显示屏为预置笔画设计，清晰度很好。

图1 左边为LT-6100Plus，右边为YAESU VX-2R

PTT和耳机话筒插孔位于机身两侧，机身上并未提供充电插孔。PTT按键上覆盖有橡胶，按键行程适中，手感不错。6100Plus采用流行的前后电池设计，一体化锂电池容量为1200MAH@7.4V，几乎是2R一倍半，这也是其4W～5W发射功率的后援保障。在包装中厂家提供了座式充电器，不像大部分进口业余手持对讲机座充需要另外高价选配。皮带卡是直接通过螺丝固定在电池板上的，坚固程度没有问题，只是如果有用户需要备两块垫板就需要2套皮带卡了。6100Plus的天线座为SMA的母头，这和大部分主流进口业余手持对讲机的接口一样，这就意味着用户可以方便地使用为业余电台设计的各种高增益天线了。很多商用对讲机采用SMA公头，正好与业余电台常用的设备相

图2 LT-6100Plus的天线座

反，给换用天线带来麻烦。

功能一览

6100Plus一改以往国产商用机功能单一的局面，开始向进口业余机看齐。APO自动电源关闭、语音加密、分组存储、数字电压表、开机密码认证、VOX声控发射、双频侦测、结束提示音等功能大多源自业余无线电机型，具备如此多的附加功能，目前在国产机中属于领先。

◆400MHz～470MHz全覆盖

6100Plus为宽带设计，工作频段为400MHz～470MHz，不再分高段、低段和业余波段，也没有一些进口业余机限制在400MHz～410MHz或400MHz～420MHz发射的问题。（注：频段使用需严格遵守我国相关法规。）

◆频道存储与信道模式

6100Plus提供128个记忆信道，并可以按信道分成8组，每组16个信道，既方便存储不同应用场合的频道也方便扫描。如用户可以将工作频率、业余电台频率、409免照频率、中继频率分别存在不同的分组中。每个存储频道除了直接显示频率外还可以编制频道的名称。对于要求操作简单的行业用户，6100Plus还准备了一个M-ONLY模式，可以有效防止用户可能对机器造成的误设置，在M-ONLY模式下大部分数字按键和对应功能都失效，屏幕上显示的也是信道编号。

◆内置亚音编解码

（注：此功能适用于专业频段，业余无线电设备禁止使用加密功能）

6100Plus内置有CTCSS和DCS（模拟和数字亚音）编解码，其中CTCSS为扩展的50组。在亚音的功能上6100Plus设计得非常丰富，也是笔者看到国产机中最全的，基本可以满足绝大部分组网和标准中继系统的要求。

◆内置语音加密

6100Plus内置了语音加密功能，这在普通对讲机中并不多见，绝大部分的对讲机加密单元都需要另外选配。“有比没有强，在商业用途中有一定价值”是我们的评价。当然6100Plus加密比较初级，而且只有一种模式，也就是说用6100Plus加密的信号，用另外一台6100Plus只要开启了加密模式一定能顺利解密。不像一些进口机器增加加密单元后可以继续设置加密代码以防同类机器“撞车”碰巧解密。6100Plus的加密模式语音确实有所变调，起到了一定的阻止窃听的目的，但由于加密强度不大，所以依然能猜测少量通信内容，与MOTOROLA SABER的专业加密措施相比还有很大距离。

◆开机密码认证

开机需要输入预先设置的密码才能完成开机过程，就像移动电话的开机密码一样。这个功能好处是在关机状态没有授权的用户不能使用对讲机和偷窥对讲机内设置的频率等参数信息。

◆数字电压表

对于有经验的用户通过数字电压表的数值可以大致估算电池剩余电量的情况，这比看屏幕上电池电量标志要可靠得多。6100Plus每次开机会自动显示电压，在使用过程中可以通过菜单调用数字电压显示功能。

◆内置调频广播接收功能

很多进口对讲机具备宽带接收功能并具备WFM解调模式，用户能用来收听FM调频广播节目，这是一项很受个人用户青睐的功能，在通信之余还能作为消遣的用途。国产的民用对讲机还未听闻有宽带接收功能，所以6100Plus剑走偏锋，为对讲机附加了调频广播接收功能，接收范围是87.5MHz～107.975MHz。考虑到用户在收听广播时会耽误接收对讲机信道的收听，所以6100Plus加入了DW功能，该功能可以在收听广播的同时自动监视主对讲机通道，当主对讲机通道收到有效信号后，机器会自动从调频广播接收状态返回主对讲机通道，不会耽误可能的重要通信。

◆VOX功能

VOX是声控功能，即通过检测声音来自动切换对讲机的发射和接收状态，配合耳机话筒组从而解放双手，这在一些特殊的情况下是比较有用的。

产品性能测试

6100Plus的发射功率标称为高功率4W，并提供2W中功率和1W低功率挡。我们利用一台样机测量了其在400MHz～470MHz范围内高功率挡发射的真实功率。通过测试我们可以发现，其发射功率完全超过4W输出的标准，在5W输出功率以上。市场上不少国产手台的经销商为了迎合消费者要求大功率的口味，都打着5W机的招牌销售，也不排除人为调高输出功率的可能。通过测试我们发现6100Plus的输出功率在400MHz～470MHz范围内都保持比较平均的水平，这即使在业余进口对讲机中也很少看到。图3是7.8V外接电源下（模拟电池容量比较满的电池供电环境）400MHz～470MHz高功率挡实际功率输出的情况。

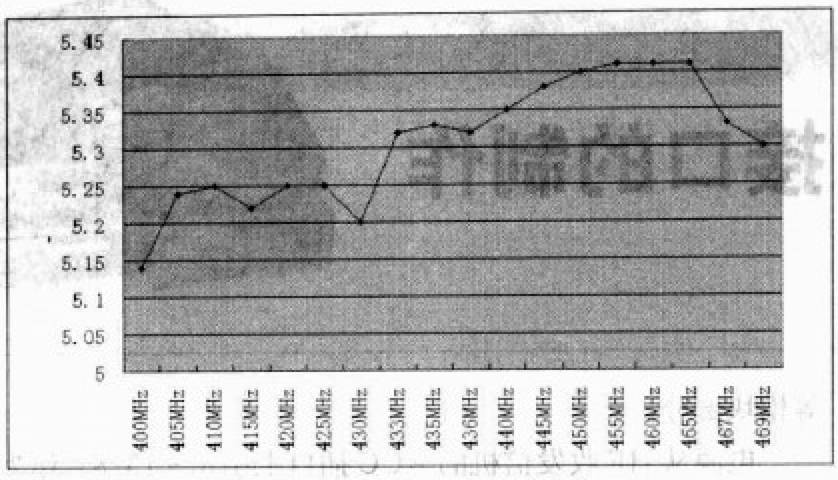


图3 高功率挡实际功率输出情况

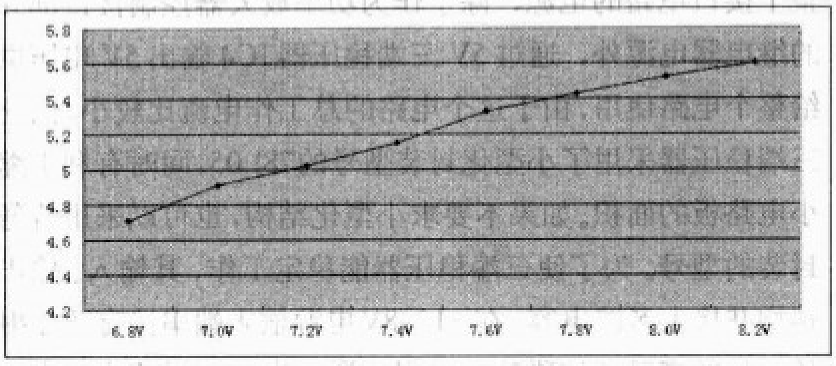


图4 发射功率变化情况

另外测试中我们发现电源的电压对输出功率的影响还是比较明显的，当电压从8.2V降到6.8V时发射功率变化情况见图4. @435.100MHz(相当于锂电池供电的变化状况)。

其原配天线性能在这个长度等级中属于平均水平，在发射效果和便携性方面得到很好的平衡。如果要提高天线增益建议可以考虑771天线（当然长度也会增加很多)。

同时我们测量了6100Plus在400MHz～470MHz范围内的灵敏度，通过测试6100Plus表现出较好的接收灵敏度，整个频段大部分均优于－122dBm，这样的整体表现甚至超过了一些2000元以上的进口业余手台。

6100Plus的信号强度表为真实有效的，不像有些国货只要打开静噪，不管是否收到信号信号表都会全显示，完全没有指示接收信号强弱的参考作用。我们实测了一下6100Plus在435.025MHz下的信号表情况，其S1&S2起表信号强度为－120dBm，随着信号的增强信号条以2格为步进递增显示，最后一格S9稳定显示信号强度为－100dBm。

6100Plus的频率扫描速度大约每秒5个频点，与进口机相比速度比较慢。

我们实测6100Plus的大功率发射电流为1.45A@7.4V，接收（静噪有效）待机电流为38mA@7.4V，并且机器具备省电功能，脉冲的间歇工作进一步降低待机功耗。机配的锂电池标称为1200mAh@7.4V，锂电池的主要好处是没有记忆效应不必放完电量再充电，同时具有重量轻电池容量大的优势。

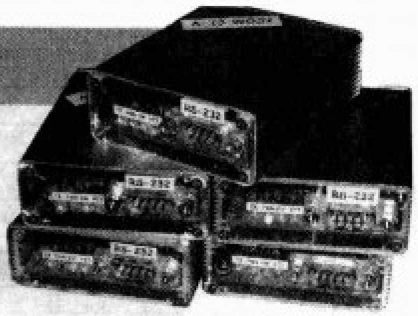
使用感受

图5 LT-6100Plus标配锂电池

LT－6100Plus属于多功能小型对讲机，机身在同类对讲机中属于比较小的，握感不错，用于安全保卫场合外形虽不够威武，用于个人通信则比较讨巧。对于一些行业用户，LT－6100Plus替代VX－2R用于专业场合不但费用会降低60%以上，而且由于LT－6100Plus的输出功率远大于VX－2R，所以通信距离更远，同时兼顾商业机的设计使得充电维护也更为方便。LT－6100Plus整体操控容易，无论是行业用户还是业余玩家都有比较容易上手的模式，对于有其他业余对讲机操作经验的业余电台用户，配合说明书半个小时就足以熟悉这部机器。国产器材的好处除了价格便宜外，说明书自然都是中文的，不像很多进口机配全外文的说明书，官方不提供中文译本。实际通联中其发射功率和接收灵敏度不输于价格5倍以上的绝大多数进口业余手台，也就是说，如果你不说，对方是完全无法察觉你用的是进口机还是国产机。6100Plus扬声器的音质中规中矩，音量设置在80%以下时在通信和广播接收中表现都还算不错，在室内6100Plus的扬声器响度也足够。6100Plus加密通信的安全性虽然远不及TETRA、IDEN和专业加密系统的对讲机，但还是具有相当的实用性，当然这必须在法规允许的范围内使用。6100Plus 支持通过电脑进行频道设置的管理，软件中还具备对机器特性进行调整的功能，这个调整功能需要有经验的人员配合测试仪器来完成，用户乱调可能对机器造成伤害。个人用户通过软件可以备份设置频道的数据，以备日后不时之需。6100Plus的编程软件和编程电缆都没有随包装提供，其编程电缆与KENWOOD TK－3107、TH－G71A、TH－F7编程电缆通用，市场上很容易买到兼容产品。6100Plus的总体感觉，除了不具备双频段工作能力和宽带多模式接收外，其他的功能、性能已经可以与进口业余对讲机看齐了，这也体现了国产对讲机的制造水平在日益提高。LT－6100Plus除了主流的400MHz～470MHz UHF版本外，还有136MHz～174MHz的VHF版本。

友情提示：市场上还有LT－6100出售，外形与LT－6100Plus类似，但它的输出功率只有2W，价格也便宜得多，选购的时候不要搞错了。

多功能ICOM CI-V接口的制作



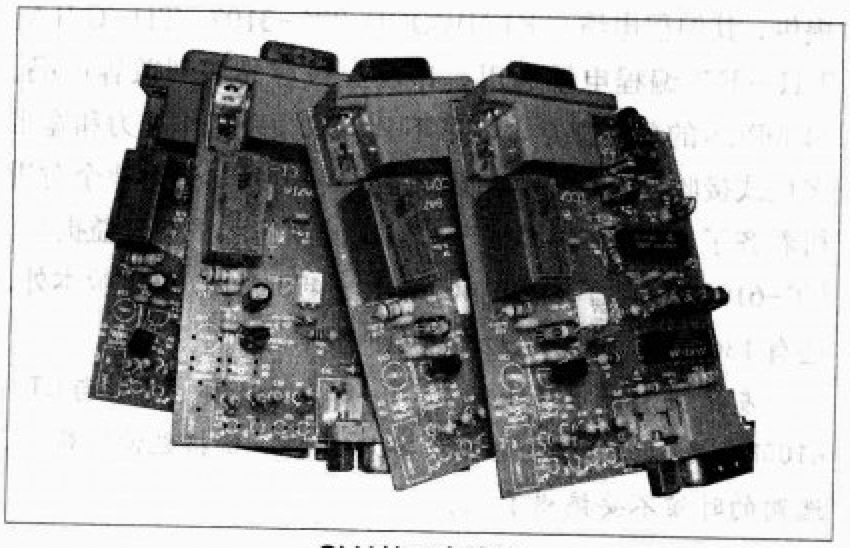
文/吴国光（BA7IA）

多功能ICOM CI−V接口，使个人电脑可以在业余电台比赛时实时取得操作收发信电台设备的频率、模式等数据，配合电台日志LOG软件完成自动录入功能，通联时只需要输入对方呼号和信号报告就可以了。在连接上互联网的DX网络之后，甚至连呼号都可以不用输了，软件可以自动填充，用鼠标一点DX网络中提示的电台呼号栏，软件即自动转到由DX网络提供的对方电台所处频率和对应模式上，电台日志软件自动填充入呼号、时间、分区、频率和模式等数据，甚至连对方呼号所在国家、所属分区、距离、天线指向角度、所在地时间和该台的珍稀程度等的信息也显示出来，一目了然！通过电脑对所连接的收发信设备进行直接控制，能够大大地提高比赛时的操作效率，减少录入差错，很大程度上减轻操作者的负担，对提高比赛成绩大有益处。同时，配合在CI−V接口的基础上附加的多种功能辅助接口，协调了对周边设备的控制和运作，在实际应用中效果良好。在平时，HAM可以通过CI−V接口，利用一些安装在个人电脑里的遥控操作软件，对业余收发信电台设备进行遥控操作，发挥个人电脑的优势，扩展了电台设备的功能，进一步提高电台的操作性，增加使用中的乐趣。

硬件制作

本多功能CI−V接口的电路原理图如图1所示，电路是以ICOM CI−V为核心，模块化地集成了一些辅助比赛用的其他功能，在制作时可根据自己的实际应用进行取舍。

本制作的接口电路大致分为电源、CI−V接口、CW发送接口、功率放大器控制接口、话筒接口和PTT控制接口等模块部分。



CI-V接口电路板

电源从HF收发信机的ACC插口上引出+13.8V作为整个接口电路的电源，除了作为功率放大器控制接口部分的继电器电源外，通过5V三端稳压器IC4输出5V电压供给整个电路使用，由于这个电路的总工作电流比较小，因此三端稳压器采用了小型化封装型号的78L05，同时有利于缩小电路板的面积。如果不要求小型化结构，也可以采用普通封装的型号。为了使三端稳压器能稳定工作，其输入、输出端均并接上旁路电容，在+13.8V电源输入端串接有防止射频干扰的高频滤波磁珠，以阻止通过电源引线感应到电路去的强射频信号。发光二极管VD5用作电源指示，这里采用绿色的发光二极管。

CI−V接口部分由IC2和IC3组成。IC3采用了经典的RS−232 to TTL电平转换集成电路MAX232，MAX232是德州仪器公司（TI）设计的用于RS−232标准电平转换的芯片，功能是把个人计算机通用串行接口RS−232标准的±15V的信号电平转换成0～5V的TTL/CMOS电平，在MAX232器件内部包含由两个驱动器和两个接收器组成的具有两个双工数据收发的通道，本制作利用其中的一个通道做CI−V接口的电平转换，另一个通道用作CW发送控制的电平转换。器件内还有一个电压发生器电路可以通过输入5V单电源提供符合RS−232标准电平要求的±15V辅助电源，C19、C20、C22、C23是MAX232内部电源发生器的升压泵电容，这些电容安装时要注意分清楚正负极，器件手册介绍此电容的最小容量值为1μF，但实际应用中电容的容量取大一点有利于辅助电源电压的稳定且提高抗干扰性。

CI−V分别通过RS−232接口上的TXD和RXD线接收和发送数据，而RS−232的数据则通过一个RS−232标准的DB−9型9针插座与计算机上的COM接口相连接，笔者为了要配合比赛时提供的COM接口连接线的关系，采用了针型9针插座，制作者可根据实际情况改成母型DB−9插座，但连接器接脚的位置需要根据RS−232接口DB−9插座的接脚标准定义进行调整。

集成电路74LS17是TTL 六集电极开路输出缓冲驱动器，ICOM CI−V信号通过74LS17进行数据收发处理，分

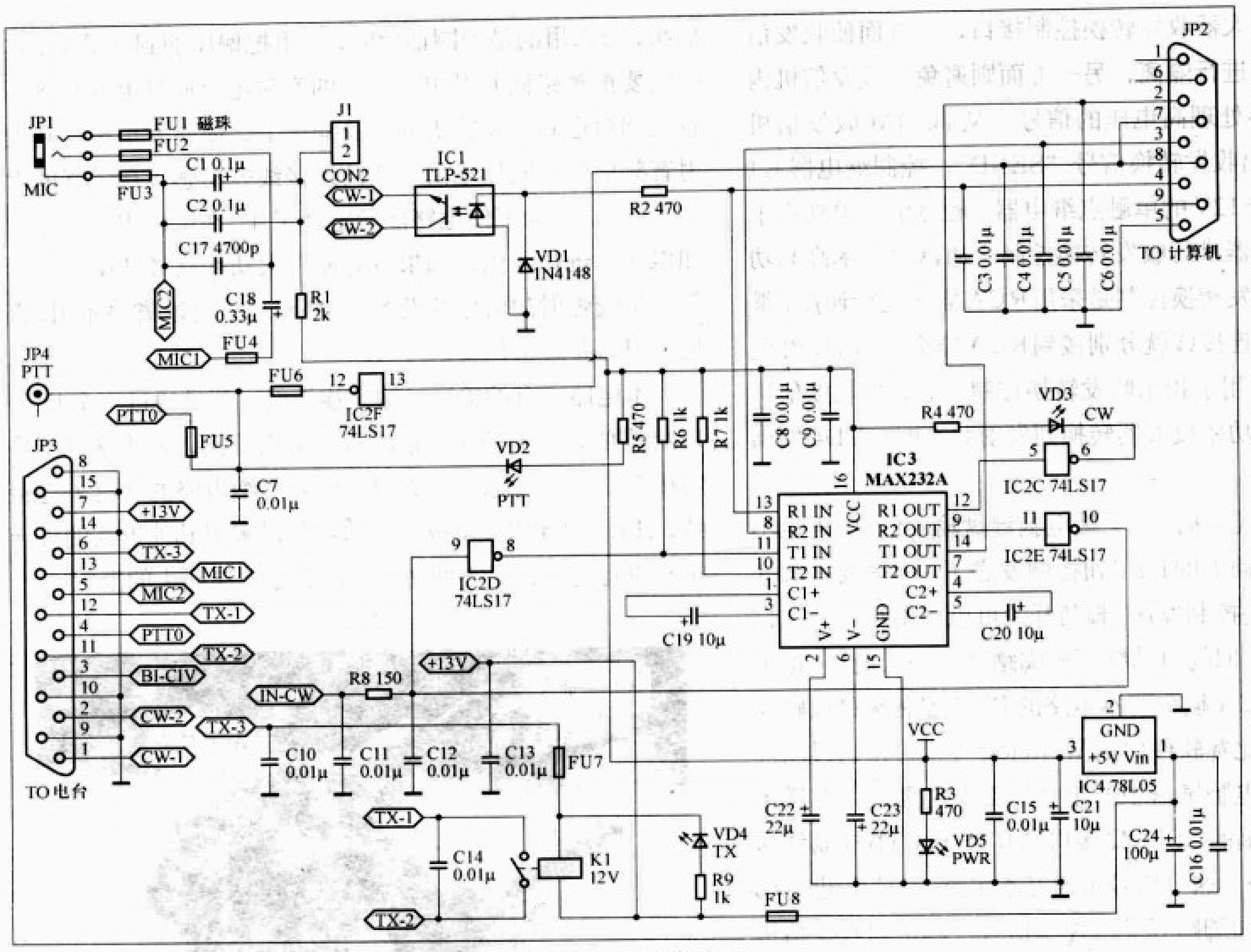


图1 CI-V接口电路图

开上行和下行数据分别送到MAX232进行电平转换，在本电路中缓冲驱动器IC2D作为上行数据缓冲器，缓冲驱动器IC2E则作为下行数据缓冲器。ICOM CI−V信号通过一个3.5mm的耳机插头与ICOM具有CI−V接口的无线电收发信机进行连接（ICOM无线电收发信机上的CI−V接口插接标准为3.5mm插座），该接口通过一条线分时发送和接收数据，这条线应该接在3.5mm的耳机插头的端头上。为了提高电路的抗干扰性，在电路的<IN−CIV>端加入了一个由R8、C11和C12组成的低通滤波器，用以吸收连接线感应的射频电流。

CW发送接口用于在进行CW比赛时，由电台日志软件直接控制收发信机发送莫尔斯电码信号，可以是从电脑键盘敲入字符由软件自动翻译发出电码，也可以设置软件定时自动发送预先存入的呼叫和短语等电码符号。电脑发出的莫尔斯电码信号通过RS−232接口的DTR控制线送出，一路通过光电耦合器IC1进行隔离，控制HF无线电收发信机的电键电路发出电码信号。通常HF全模式收发信机的CW电键接头采用6.5mm立体声插头，一端接地端，一端接顶端。另一路信号通过MAX232的剩余数据通道进行电平转换，经过74LS17的其中一个缓冲驱动器IC2C驱动发光二极管VD3作为CW发送指示，笔者采用蓝色发光二极管，当发送CW信号时，发光二极管随着发送的电码信号一闪一闪地发出萤萤蓝光，在晚上操作时分外动人。

在进行业余无线电台比赛时，为了使发射的信号更强，常需要使用大功率高频功率放大器，而功率放大器需要一个控制信号和收发信机协调进行同步的收发转换操作。现代的HF无线电收发信机都有收发转换信号接口，但是，大多数收发信机的这个接口都只能进行低电压的操作（内部是一个集电极开路输出的电子开关），而当采用电子管构成的大功率高频功率放大器时，就有可能需要操作比较高的电压值（比如110V电压），这样很容易损坏收发信机内部的电子开关（这点笔者是有深刻教训的）。为此，需要特别

CI−V（Communication Interface−V）系统是ICOM公司发展出的一种遥控收发信设备本地网络，应用了带有碰撞检测的载波侦听多路访问标准，系统采用几台个人电脑、几部电台、一条通信电缆构成一个实现控制和数据连接的总线型结构网络。CI−V系统的终端可以是多台个人电脑、多台电台、需要同步的多台电台、个人电脑－电台。当然，最广泛的应用不是用它来组网，而是用它来连接个人电脑和收发信机。CI−V和电脑接口的电路很简单，完全可以做在收发信机里，可是，精明的商家偏偏做成选购件来卖，一个成品的CI−V要卖到上百美元，其实如果采用一些日渐普及的高性能接口处理芯片自己制作，只要几十元人民币就可以了。

加入一个功率放大器收发转换控制接口，一方面使收发信机和功率放大器进行隔离，另一方面则避免了收发信机内部电子开关需要处理高电压的信号。从ICOM收发信机ACC接口中引出收发转换信号“SEND”，控制继电器K1动作，K1是一个12V的单触点继电器，触点引出单独用于对高频功率放大器进行收发转换控制。通常大功率高频功率放大器进行收发转换控制是采用RCA插座进行连接，继电器两个触点的连接线就分别接到RCA插头的两端。红色发光二极管VD4用于指示收发转换控制状态，当收发信机控制大功率高频功率放大器转换到发射状态时，VD4发出红光。

在进行话务比赛时，双手敲电脑键盘输入信息，再也不能腾出手来按话筒上的PTT钮控制发送了，而需要手脚并用，采用脚踏开关控制发送。脚踏开关可以采用行程开关自制，也可以买一些旧的电动缝纫机脚踏开关等来使用，这个脚踏开关通过RCA插头和本电路的PTT控制接口线路连接。另外，有的比赛软件比如Writelog等也可以通过软件的设置，在PC电脑键盘中的定义热键由键盘进行发送控制。软件通过电脑的RS-232接口的RTS和CTS控制线送出PTT控制信号。这个信号再通过本电路的IC2F进行缓冲和电平转换，和脚踏开关的控制信号一起送到收发信机的话筒插座PTT控制脚上，把话筒插座PTT控制脚对地导通使收发信机进入发射状态。采用橙色发光二极管VD2作PTT状态指示，当PTT控制进入发射状态时VD2点亮。

本电路采用四种不同颜色的发光二极管指示CI-V的不同工作状态，工作起来交相辉映，生动活泼，一目了然。

附表

元件标号	元件数值	元件名称
C1	10μ/10V	电解电容
C2~C16	0.01μ	电容
C17	4700p	电容
C18	0.33μ/50V	电解电容
C19、C20	10μ/25V	电解电容
C21	10μ/10V	电解电容
C22、C23	22μ/25V	电解电容
C24	100μ/25V	电解电容
FU1~FU8	磁珠	磁珠高频滤波器
VD1	1N4148	二极管
VD2~VD5	PWR	发光二极管
J1	CON2	短路插座
JP1	MIC	3.5mm耳机插座
JP2	TO计算机	DB-9型9针插座
JP3	TO电台	DB-15型15针插座
JP4	PTT	RCA 插座
K1	PC1A-12V	12V 1X1继电器
R1	2k	电阻
R2~R5	470	电阻
R6、R7	1k	电阻
R8	150	电阻
R9	1k	电阻
IC1	TLP-521	光电耦合器
IC2	74LS17	
IC3	MAX232A	
IC4	78L05	

如前所述，由于在进行话务比赛时不能采用收发信机原配的手持话筒，需要改用头戴式的耳机加话筒。为了能适应不同形式的外接话筒，本电路附带设计有话筒接口。一般市面上大多数的头戴式耳机话筒为电容式，因此，电路中R1和J1为电容话筒提供一个偏压，使电容话筒能正常工作。J1是个短路插头，当采用的是动圈话筒时，不用把偏压加到话筒上，这时需要把短路插J1拔开。话筒的音频电流通过电容C18隔直流耦合送到收发信机的话筒插座上，使收发信机得到发射音频信号。同样地由于话筒连接线容易感应比较强的射频干扰信号，为了使电路能稳定地工作，在电路中加入磁珠和电容等进行隔离，如果没有使用大功率高频功率放大器等产生较强射频信号的设备，这些磁珠也可以省略不用，直接采用短路线来代替。

本电路所有的输出、输入连接线，都是通过一个DB-15针脚的显示器插头、插座进行引出连接，采用这个型号的接头主要是考虑容易买到且可以容纳电路的所有外连接线，如果只用到电路的若干功能，可以采用其他形式的外连接头进行连接，以方便使用。图2是外连插头的形状。

图2 外连插头的形状

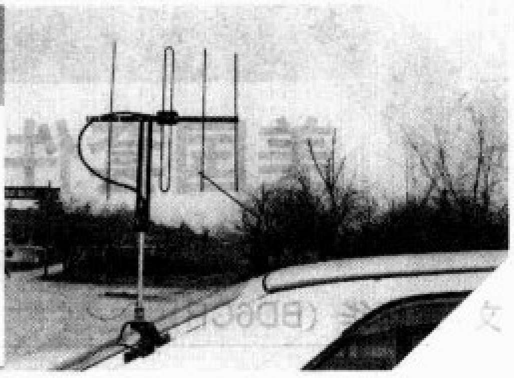
附表是电路的元件表，本电路对元件没有什么特别的要求，MAX232的4个泵电容的耐压最好是25V以上。

本电路的印制板图见本期杂志配刊光盘，电路板的大小尺寸是75mm × 60mm，之所以采用这个尺寸是由于要适应市面上买到的铝制机壳，如果只用部分功能，则可以根据电路图设计出更小的电路板。由于电路比较简单，印制板采用单面布线设计，其中只有一条飞线。如果仅制作一两个自己用，也可以采用万能电路板按照电路图进行搭接制作。

若单独只应用CI-V电路部分，电源消耗比较小，供电可直接取自PC电脑RS-232接口上的DTR和DSR接脚，而不需要从收发信机上取电，从而可以省略了电源连线和ACC插头等附件。

本电路的连接口经过适当的改造也可以用于YAESU、KENWOOD等机器上，还可以用在摩托罗拉对讲机的编程使用。

400MHz 车载八木天线



文 / 余兆兰（BD8MH）

八木天线主要是作为基地电台使用，较少有人把它应用到移动、车载中。其实八木天线在移动通信中也应有它的一席之地，它的增益是常见的车载GP天线无法相比的。这里所说的移动是指应用在基地台与移动车台通联或车队的首尾通联，如果一个车队有一台或首尾车都装上八木天线，对保证整个车队的正常通信是大有好处的。我们爱好者驾车出游时，首尾不能联通是常有的事，有时一翻山，甲车在山的这边，乙车在山的那边，实际距离不到1km，静噪都打不开，通联受到严重影响，总感觉灵敏度差那么一点点，能不能想法解决这个问题呢？笔者马上就想到了增益高的八木天线，但八木天线有方向性，总认为要有旋转控制器，时刻要瞄准“目标”，否则，转个弯，变个道就会离开“靶心”，无法通联。其实不然，由于八木天线的反射器是用一根小金属条制成，而不是像卫星天线那样使用一整块金属板制成，故没有那么强的聚集反射能力和指向性。八木天线的周边定有较强的“漏辐射”，这给予了笔者极大的信心。3个单元的“八木”就有8dB的增益，笔者做的是4个单元的。测试是在离贵阳60km的平坝县城内的BD8MQ处。“八木”装在BD8MQ家的屋顶上，离地15m，方向指向贵阳。笔者车上装的是垂直吸盘天线，环绕县城转做QSO，虽然高楼林立，却有着意想不到的好效果，在“八木”的左右都能有59+20的信号报告，在“八木”的后面3km处亦有59+的信号(受道路的限制，汽车只能到达此距离)。在返回贵阳的路上，虽被大山阻挡亦能达到30km的良好通信距离。

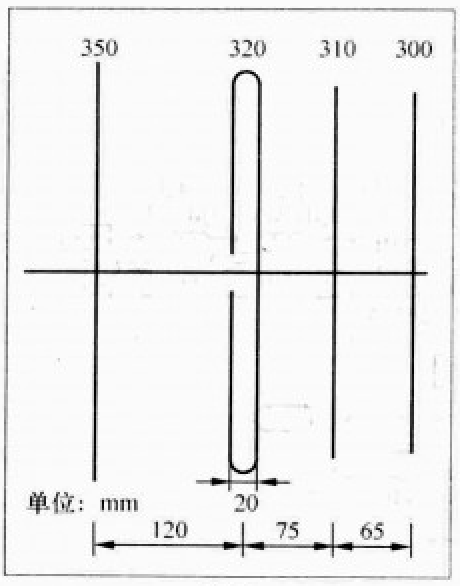


图 1

笔者对此八木天线的设计思想是：保证增益，扩大波瓣，降低指向，把握好激励单元和反射单元的间隔要等于或大于0.15 λ，引向单元与激励单元要等于或小于0.15 λ，做一副小巧、方便、实用、可靠的车载八木天线是可行的。

八木天线的引向器、反射器、辐射器都选用3mm的铜焊条(各单元尺寸间隔距离见图1，实物见图2)，主梁用φ 10mm，长30cm的铝管，支撑杆下半节是用φ 10mm的铝管(大了放不进M头)，长20cm，支撑杆上半节是绝缘材料2根，长25cm(笔者选的是木衣架下面的小木圆棍，完工后刷油漆防水)。高频M头一个(M头外套与M头芯柱应加一小胶圈防水，见图3)，50Ω－3的馈线一小段，为减小风的阻力选用的是“套管形平衡器”作馈电端的高频巴伦，用热缩管封住，把它做成可拆卸便携式八木天线，还可像垂直天线一样的随意装卸吸盘或边夹天支，非常好用，十分方便。

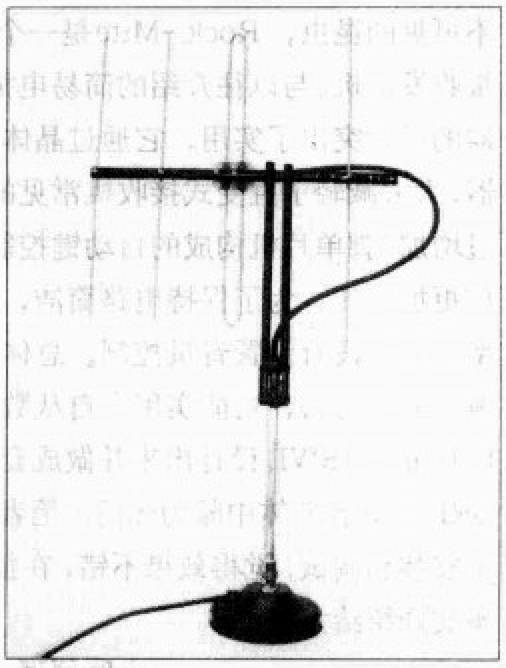
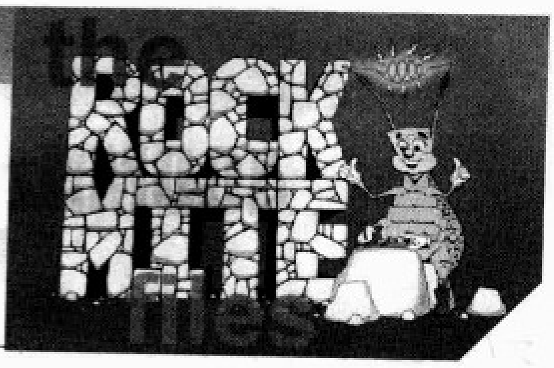


图 2

图 3

经测驻波：438.50MHz，SWR1.2。434.50MHz，SWR1.25。439.850MHz，SWR1.3。431.850MHz，SWR1.4。按理论这副天线应有10dB增益。

美国套件 Rock-Mite 制作记



文 / 荣新华（BD6CR）

Rock在美国是“晶体”的别称，Mite是一种小得几乎不可见的昆虫，Rock-Mite是一个晶体控制的微型CW电报收发信机。与以往介绍的简易电报收发信机不同，这个机器的设计突出了实用，它通过晶体作为接收前端窄带滤波器，大大减轻了直变式接收机常见的广播干扰问题，同时通过增加8脚单片机构成的自动键控制器和侧音发生器，使发信更加方便。为了保持电路简洁，只工作于两个临近的频率，并且没有设置音量控制。总体上说，这个机器成本低廉，元件易得，功能实用，自从数年前被Small Wonder Labs的K1SWL设计出来并做成套件以后，一直在全球的QRP爱好者群体中颇为热门。笔者前期订购了一套，完成了安装和调试，觉得效果不错，在征得设计者同意后，通过本文介绍给大家。

电路原理

如图1所示，电路结构上是典型的平衡混频器IC1（SA612A）加音频放大器IC2（MC1458或LM1458）的直变式接收机和石英晶体B2作为振荡器的三晶体管CW电报发射机电路，另外增加了一个IC3（PIC12C508A）单片机作为内置Iambic Keyer自动键控制器和侧音发生器，同时它还提供了收发频率偏移和通过收发频率倒转从而相当于切换工作频率的功能。这里稍微解释一下，CW的接收音频是实际信号频率与拍频混频所得的差频，例如，CW的实际频率是7023kHz，接收机的拍频就应该是7023kHz加上或者减去几百赫兹，这个几百赫兹的差频就是耳机里听到的嘀嘀嗒嗒的音频频率。这里，通过IC3的3脚的高低电平变化，控制加在变容二极管VD6上的反偏电压，可以将石英晶体振荡器的频率变化控制在700Hz左右。3脚电平在接收和发射状态下一定是相反的，而接收时默认的电平是可以通过IC3的4脚所连的开关进行切换的，这解释了收发频率偏移和工作频率切换的功能。

从发射部分看，由VT4和B2等构成的石英晶体振荡器产生的信号经过C12送入发射电路的下一级放大，另外，由

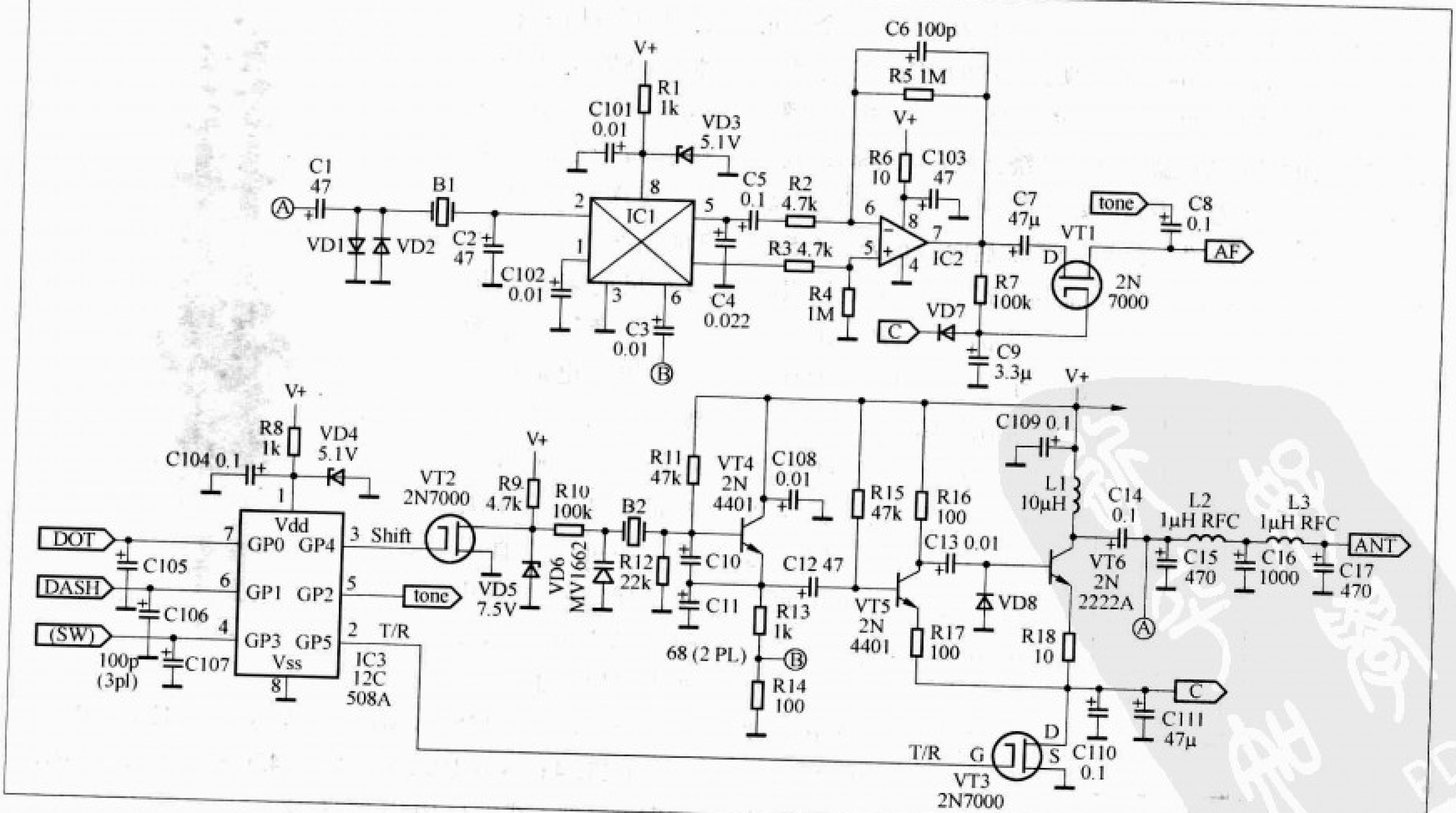


图 1 Rock-Mite 电路原理图

R13和R14分压以后送入IC1平衡混频器作为本振信号。MOSFET管VT2和稳压二极管VD5以及变容二极管VD6是频率偏移的控制电路，由单片机IC3的3脚的电平控制。VT5是发射电路的缓冲放大级，VT6是功率放大级，MOSFET管VT3受单片机2脚电平控制作为键控，也就是发射时对VT5和VT6键控使之工作，并通过控制VT1使耳机静音。C15、C16、C17和L2、L3构成两级π型低通滤波器。

从接收部分看，天线接收信号后，通过两级π型低通滤波器后，经C1耦合，VD1和VD2起限幅和保护的作用，B1和C2构成了简单的晶体滤波器，可以将广播干扰降低，同时由于滤波器的带宽非常窄，也限制了有用的接收频率范围。IC1是典型的平衡混频器，输出经过C4滤除高频成分后将音频送入IC2构成的耳机放大电路，再经VT1构成的静音控制电路后送耳机输出，同时，来自于单片机5脚的侧音也通过C8耦合后送到耳机。

单片机的7和6脚分别是自动键点和划的输入脚，4脚是开关输入脚。目前的单片机程序可以通过这三个引脚输入和侧音输出作为人机界面提供一些设置功能。单片机上电后默认的键速大概是16Words/min，可以通过按下并保持4脚所连的开关超过250ms进行调节。按下开关超过250ms后，可以从侧音输出听到三点（莫尔斯码S，代表速度Speed），然后应马上控制自动键，按点增加速度，按划降低速度，可选择范围大约从40Words/min到5Words/min。选择完成如不继续按键超过几秒，可听到低频的一声，表示退出设置状态。如果短按4脚所连的开关不超过250ms，就进行频率的切换。设置过程的信号并不被发射到空中。单片机程序还提供了手动键的功能，如果在上电时点或划的开关是闭合的，那么自动键控制程序就不起作用，可以在自动键的输入插孔上连接手键进行发报，侧音还继续工作。

元件选择

C1、C2、C12选择47pF零温度系数NPO瓷片电容。VT6为金属封装2N2222A并应套上TO−18散热器。IC1可用NE612、NE602等代换。IC2、IC3应使用IC插座。VD6变容二极管MV1662的参数为：反偏电压为4V时结电容典型值为250pF，最大为275pF，最小为225pF，品质因数不小于150，反偏电压2V与15V下的结电容比为2.3。石英晶体B1、B2，特别是B2的参数（如负载电容等）要仔细考虑，否则容易产生频率不准或者收发频偏不合适等问题。L1、L2、L3都是普通的色环电感，选择体积较大，内阻较小的为好。VT1、VT2、VT3和IC3为静电敏感元件，在取用和焊接时都要特别注意。其他元件都无特殊要求。

制作调试与安装

打开套件邮包，如图2所示，包括简单的说明资料页和元件包。制作过程可参考套件所提供资料，材料比较简单且为英文。这里提一些要点：

◆ 二极管在印制电路板上的丝印与电阻类似，资料上有图示说明了二极管的极性，切勿装反。

◆ IC1在套件中为唯一的贴片元件，应首先安装，且要注意标字的方向是否与图示相同。

◆ C111应该使用矮个的电解电容，否则容易与VT6的散热片碰到。

◆ 石英晶体安装时不能紧贴印制电路板，避免外壳与印制电路板的线路短路。石英晶体外壳上要焊接一根导线到旁边的接地孔，接地孔标有“ground crystal case”字样。

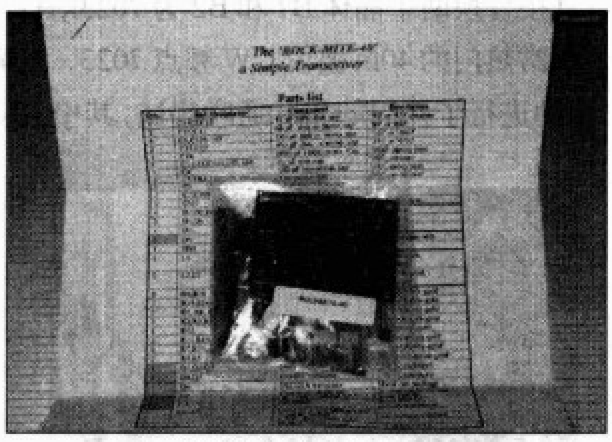


图2 Rock-Mite套件

板子焊接完毕后如图3所示。为了避免电源极性接反造成不必要的损失，建议连接一个1N4001～1N4007任一型号的二极管在V+焊盘与电源正之间。电源要求电压在9V～13.8V的稳压电源，总电流一般不超过200mA。建议先不插上IC3，上电以后，在1脚与8脚之间用万用表测量一下电压是否为5.1V左右，然后断电再插上IC3。建议焊接一个47Ω、1W电阻于天线输出与地之间作为假负载进行发射功率测试。一般只要焊接正确，不需要任何调试就能工作正常。如果有条件，可以连接频率计于C12处，看一下频率是否准确。正常情况下，整机接收电流为10mA左

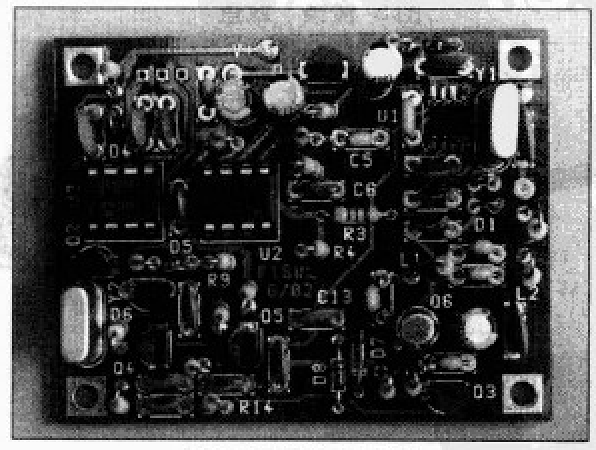


图3 焊好的电路板

右，发射电流在100mA～200mA。13.8V供电时发射功率约为500mW，9V供电时发射功率约为200mW。

简单调试完成后，可以开始加工外壳。笔者采用了市面上常见的一种小型的铝合金材质的外壳，只在一面开孔并安装了天线输出（BNC插座）、耳机输出（3.5mm立体声插座）、电键输入（3.5mm立体声插座）、电源开关和功能轻触开关（手头暂时没有合适的，暂时用3.5mm立体声插座替代），如图4所示。由于空间还有一些剩余，还将9V的叠层电池放进去，做到真正的便携操作。实际工作中的样子如图5所示，活脱脱像条章鱼，如果大家不反对，我们就给它起个中文名字叫“章鱼”吧！图6和图7是国外爱好者制作的套件。

实际通联测试

笔者直接替换两个晶体B1和B2为7023kHz，使之工作在国内非常热门的40m波段CW频点7023，并请武汉的BA6QH帮助进行了几周的实际通联测试。其中大多数都是

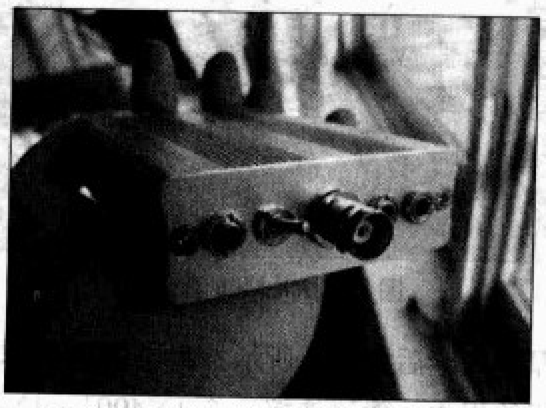


图4 在外壳上安装的输出输入接口

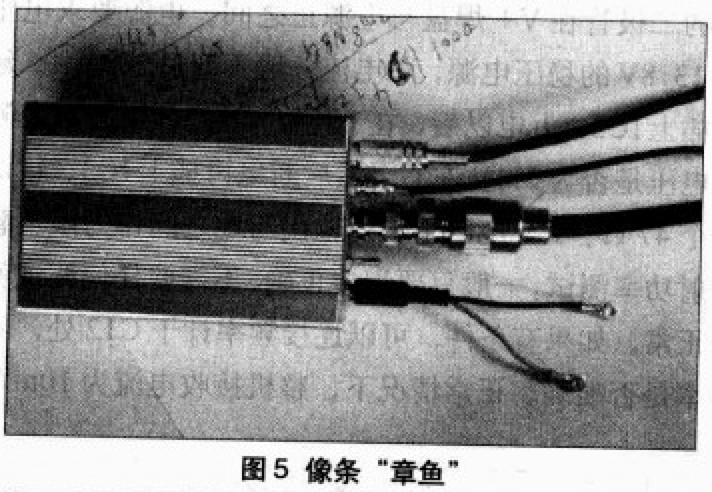


图5 像条“章鱼”

图6 国外爱好者的作品一

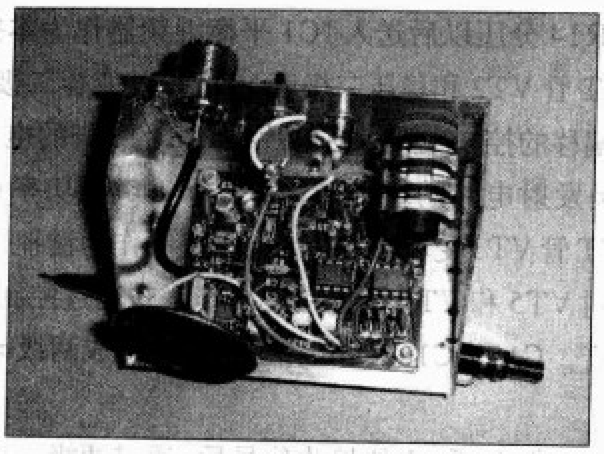


图7 国外爱好者的作品二

附表 Rockmite通联测试结果

CALL	QTH	距离（km）	RST	备注
BD1WSY	北京	1050	529	
BG4LQA	泰安	680	599	
BD4IZL	济南	820	599	
BD4ITN	威海	1060	539	
BD5ELD	杭州	610	579	
BD6CD	淮北	432	529	
BA6JW	郑州	316	579	
D6IVX/QRP	郑州	468	579	对方5W
BD4IZL/6	洛阳	490	599	对方2W
RW0CN	俄罗斯	2660	599	RDXC比赛
UA0UV	俄罗斯	2178	599	RDXC比赛

在9V电源，大约200mW功率输出下完成的。剔除了重复的通联，整理成附表。

测试结果表明，这个机器的接收效果比较理想，FT-817能收到的，这个机器也能收到，有的时候强信号过来都会“震耳欲聋”，但还是存在广播干扰的问题，虽然前端加了一只晶体滤波，但在广播干扰巨大的时段，如早上7～8点，晚上很多时间都有，建议前端还是加一个电位器做衰减比较好。

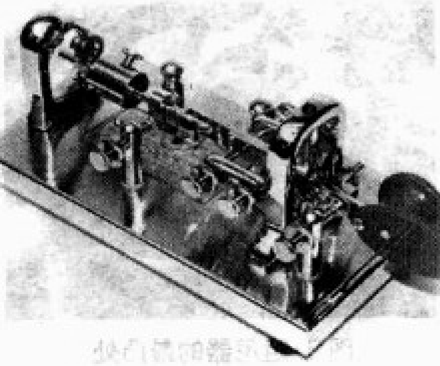
发射部分由于功率比较小，只是在传播比较好的时候才能有收获，在比赛的时候也能达到2000km以上的通联距离。发射部分的主要问题是频率不准，这是由于笔者改频使用的晶体不符合设计要求，大概偏差了300Hz，如果对方使用窄带滤波器，可能会失去不少QSO的机会，虽然后来换了晶体串了电容，但那个晶体只能把频率拉偏一点点，造成收别人信号的时候感觉声音很沉闷，因此，在选择晶体时，一要注意可拉偏的能力，二要注意频率的准确。

最后就是软件默认设置的问题，自动键控制器无法记忆上次的速度，每次上电的默认速度为16Words/min，对很多朋友都不太适合，需要每次进行设置。其次是开机时的默认频率，有可能每次都要轻触一下才能工作在7023上，这也是晶体选择的问题。

总体上说，这是个不错的小机器。借用BA6QH的话：“感谢您寄来的这美妙的小玩意，使我度过了这么一段美好的时光”。

演奏天籁之音的使者

——一款古老的机械半自动键



文 / 阮东升（BA6QH）

十余年前，笔者在一本业余无线电期刊上看到一则消息，说是有一款电键，它的设计已有百年的历史，其结构堪称千锤百炼，其独特的节奏令其他电键黯然失色，其他没有一只快键能够产生这种随心所欲、行云流水一般的优雅节奏，宛如天外之声，悦耳灵巧，是CW高手的挚爱。当看到这款电键的图片时笔者顿觉眼前一亮，没想到世上还有如此精美绝伦的电键，立刻被它深深吸引了。虽然对于它工作的原理还不太清楚，但正如人们常说的那样，爱一个人是不需要理由的。只可惜当时我国的业余无线电对个人才开放不久，相关销售资讯不多，对它的思念只好埋在心底。2006年十一长假回乡下老家小住，用随身携带的FT817与香港VR2GM神聊时得知，我所看到的这款电键在国外非常流行，别名BUG，也就是“臭虫”（如此精美的电键居然起了这样一个不雅的绰号，暴汗中），是CW高手的挚爱。VR2GM也是铁杆的“臭虫”迷，他对我说，每个拥有“臭虫”的人都会深爱着它，会带着它到各个电台上操作，并且他当时就在电台里用“臭虫”为笔者演奏了一番，听得笔者如痴如醉，十几年来埋藏心底的那份思念和激情被再次点燃。回到武汉后笔者立刻上网查询搜索，经过几个月不懈的努力，了解到上海火腿BD4AQR那里有一款从美国直接带回来的“臭虫”，于是即刻联系。经过笔者的软磨硬泡，BD4AQR终于答应割爱转让，收到电键的那一刻，心中百感交集，那感受就如同结束了恋爱长跑，抱得美人归一般。

收到电键后，笔者立刻上网发照片，希望同好一起来分享我的快乐（见武汉火腿俱乐部www.cq027.net/showthread.php?t=5664，截止笔者写这篇文字时，该贴的点击量近2万）。

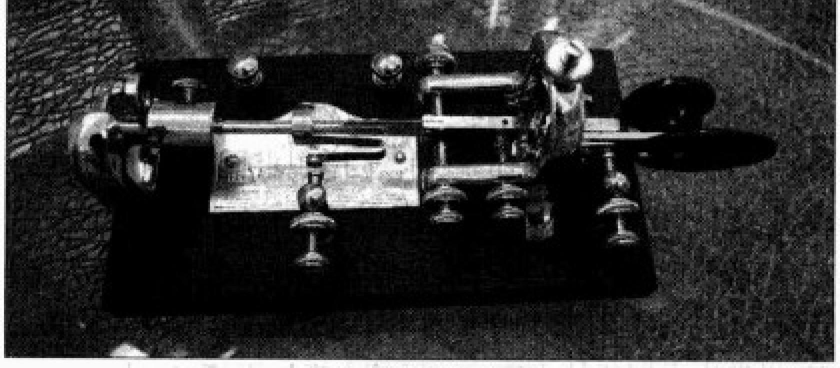


图1 “臭虫”电键

“臭虫”的来历

“臭虫”诞生于上个世纪初叶，1904年由美国Vibroplex创始人Horace G. Martin发明，迄今已有百年历史，它最大的特点是“点”由重锤直接产生（直观的演示程序见：www.cara.org.cn/bbs/thread-1163-1-1.html），因此理论上可以减轻报手打报时的疲劳程度。很多人刚开始使用时，由于练习不足，点划长短度不均衡，特别是“点”的速度特快但“划”又过慢，特快的点子听起来似虫鸣声，所以此机械半自动电键便叫做Bug（臭虫）。又由于最初的使用者拍发报文时经常出错，需频频更正，故此接收方称对手为Bug Operator(臭虫报手)，意指他们发报手法异常差劲。“臭虫”的点是由机械机构来产生，但操作员可以自由控制“划”的长短。因此它可以让HAM们拍发出各自与众不同的电码。使用“臭虫”发报是一种挑战，就像演奏某种乐器一样，有人曾说要学好“臭虫”需要几年的不断练习。当你在频率上听到了某人用“臭虫”发得一手好报，那么他一定是经过艰苦不懈的努力，练习了很多年的CW高手。这样的高手用“臭虫”可以发出与众不同的节奏，这是他们成为CW高手的独门绝技。

“臭虫”的结构与调整

“臭虫”的结构见图2，“臭虫”在结构上与手键和自动键有很大的不同，需要细心地调整才能使其发挥最大的功效。下面笔者对照结构图简单谈谈“臭虫”的调校。

1.松开 E、F、C、H、B、D、J。

2.将重锤放在杆尾中间处。

3.调整A处，上下调

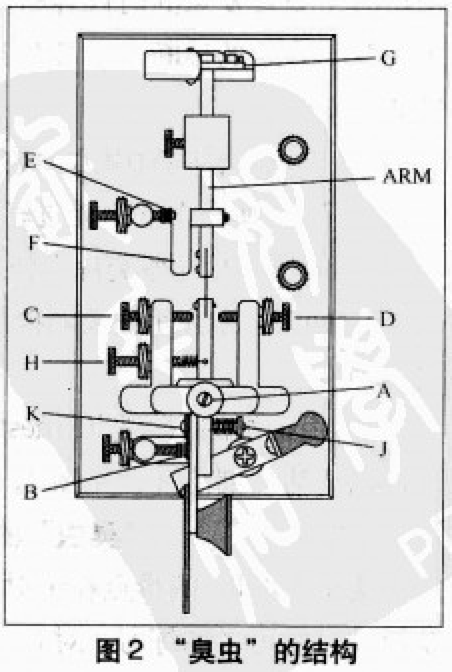


图2 “臭虫”的结构

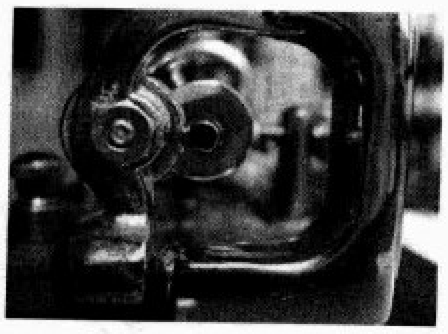


图3 阻尼器的最凸处

整使杆尾（ARM）在阻尼器G位的正中间处，即阻尼器的最凸处，见图3。

同时K杆上下要留有一定的虚位，不可太紧。

4.反复调整D位，使杆尾刚刚碰到阻尼器G位的正中间处（这里要特别注意的是，此处不可留有间隙但也不能太紧，只是刚刚碰着就行），反复调整后将K位往左拨一下，看看杆尾（ARM）是否刚刚碰到G位阻尼器正中间处（作用是使ARM即时停止摆动）

5.调整C位，使K往右拨2mm左右碰到C位的螺杆即可。

6.调整E位和F位的接触面，配合C位以及H位的弹簧使力度适中，使摆杆发出约25个点之后E位与F位要闭合发出长音。再将K位往左拨一下看看杆尾是否刚刚碰到阻尼器G位的正中间处，此处调整完毕后可用指针式万用表的100Ω或者1kΩ的挡位接在电键输出的2个点上，将K往右拨动发点的时候，万用表的指针差不多在中间摆动，表明此处调整合格。

7.调整B位与K位的接触面使K往左拨动2mm左右碰上即可（间隙的大小各人可根据使用习惯而定）。

8. 调整J位弹簧力度配合H位的弹簧力度（看各人发的速度或所需手感了）。

9. 前后移动杆尾上的重锤即可调整发点的速度。

至此“臭虫”的调校完毕，需注意的是：在使用一段时间后要调整D位使杆尾刚刚碰到阻尼器G位的正中间处。

实际使用中常见的问题及解决的方法：

通过国内几位使用“臭虫”朋友反馈的情况看，刚开始使用时主要是发点的时候容易产生破音的情况，经过香港火腿VR2GM的诊断，是E与F的结合面没有调整好，需做如下调整：

1. “点”长鸣时阻力读数最好小于1Ω。

2. H位弹簧力度不能过轻。

3. 旋紧“U”型簧片于杆上。

4. 两个接触点平面要调校至全面平衡相对(这点至关重要)。

5. 用最细的”砂纸”(Finest Sandpaper)轻磨接触点表面再以清洁喷剂清洗，见图4。

“臭虫”的使用

使用“臭虫”的难点在于对发点的掌握上，刚开始学习使用的时候可多加练习，对I、S、H、5、4、6、V、B、F、L等比较难掌握的字母更要勤加练习，在频率上有时听到日韩火腿使用臭虫的时候发一长串的点，令人捧腹。“臭虫”不仅仅是发报的一个工具，

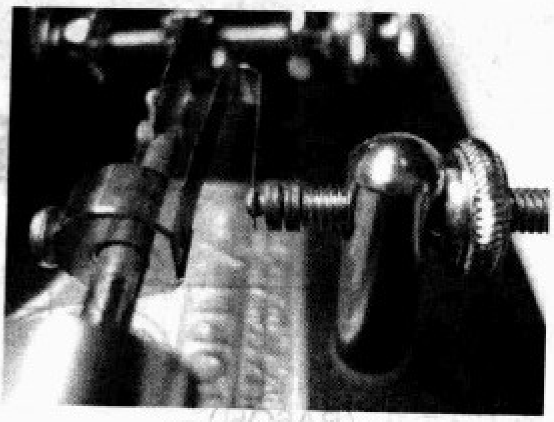


图4 电键接触点

更可以当作一只乐器来演奏。笔者有幸亲眼目睹了VR2GM在操控“臭虫”时的表演，感觉那不是在发报，更像是在演奏一件乐器，难怪他是如此深爱着它，VR2GM告诉我们要想把“臭虫”使用好必须要加强音乐素养，真是不同一般的见解啊！在长时间使用“臭虫”后，用本期杂志配刊光盘中的一些曲谱来松一松筋骨还是很有趣的。笔者不通音律但依然感觉这些曲调节奏感很强（VR2UW谱曲）。

“臭虫”的介绍到此告一段落，由于中国的业余无线电自解放以后中断了40多年的时间，这一古老而极富魅力的键体对于我们新一代的HAM而言，基本上可以说是一片空白，笔者看到并收藏了一只国内常熟电讯器材厂出产的一只快键，其实就是仿制的“臭虫”，但无论是在工艺以及手感上与Vibroplex都相距甚远，见图5。

当然肯定还有许许多多关于“臭虫”的故事等着大家来补充，这里要感谢香港的VR2UW/VR2GM/VR2DL等朋友，正是由于他们的帮助才使得我们能够认识并且使用它，

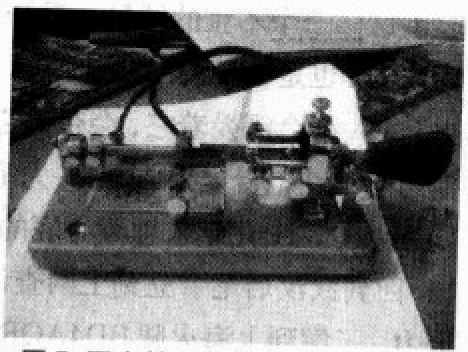


图5 国内某厂生产的仿制“臭虫”

特别是VR2GM在南方雪灾来临之际，不辞辛苦特地从香港直飞武汉，亲自手把手教导我们这些新人来调校使用它，一时传为汉港火腿界的美谈。

现在每当笔者操控着“臭虫”时，那感觉就好似跨越了时空，体会着三四十年代前辈们操作的感觉，一股怀古的幽思缠绕心头，就让BA6QA对“臭虫”一段经典的咏叹调来结束本文吧：

刚看到臭虫的时候，我还不以为然，也没有想到会有什么高妙之处，随着手柄轻轻的触动，键上的摆锤便可做周期性的震动，绝!!!我仿佛看到了跳动的脉搏，随之带出了一连串的古典音符，把手/眼/耳连成一体，合奏出一曲优美的旋律，音符间似乎还能体会到作曲者的心境与底蕴，与本体形成共振，迸发出金属般的声音……天籁之音！天籁之音！

建伍TS-450S短波机的常见故障处理3例

文/沈颂华（BD5ENA）

随着业余无线电爱好者的增加，无线电器材的正确使用维护、调整修理等已经是很多HAM比较关心的一个问题了，本文主要谈谈在国内具有一定拥有量的KENWOOD（建伍）公司90年代初推出的一款比较经典的短波全波段机器TS–450S的常见问题。因为该机器生产的时间已经不短，器件长期使用老化，或者是库存机器元件变质等问题已经常发生，笔者根据自己的修理经历，把一些常见的问题写出来告诉大家，有一定动手能力的朋友可以自己动手解决。

一、TS-450S收发信号音质变差

机器的扬声器声音变轻了，或有时没有声音，接收灵敏度感觉也降低了，SSB发射出去的声音对方听起来发毛，没有建伍比较清脆的声音了，并且功率也明显不足了！

这时，我们就要提高警惕了，这很可能是机器的IF UNIT中放板上(机器底部那块板上)编号为C104的10V/470μF扬声器输出电解电容已经漏液腐蚀电路板，电路漏电影响到了CF3 455kHz、2.4kHz SSB滤波器和边上的6kHz、12kHz的滤波器。情况比较严重的话，整个电路板上都是发黑的腐蚀物了！甚至连排线插座、排线上都有腐蚀物。遇到这样的情况，我们需要把这个部分的元件都拆下来，用酒精清洗电路板，刮去腐蚀物，干燥电路板，有条件的最好用松香酒精液涂一下做个保护层，连排线和拆下的元件也都要清理干净。经过这样的处理后，装上元件，C104换上16V/470μF的新普通电解，如果装好后试机器，发现本底声音比较小，并且存在不规则的杂声，那就要把12kHz的CF1滤波器拆下更换（因为内部可能已经被电容液腐蚀漏电了，高频损耗已经很大了），可以用普通车台的455kHz、12kHz的滤波器代换！如果换了发现还是灵敏度低，那就要继续换成那个CF2 6kHz的滤波器了(可以从带有W/N切换的美版车台机器上找到，一般经过这样处理后的机器，灵敏度基本上恢复正常，声音也恢复了原机器的特色。如果有条件，用频谱扫频仪器和无线电综测仪给机器调整一下中频带通回路，那就更好了，可以继续用上好多年了。

二、机器频率存在一定误差

在通联过程中，对方反映频率不准，自己听友台的频率也有误差。这在长时间不用，刚从库房提来的机器中比较多见，有条件的朋友可以自己调整一下机器的PLL参考频率源和LO3本振频率，因为该机器是采用普通的晶体的，并且机器又是这么多年了，各种因素造成频率有误差也是正常的。TS–450是采用20.000MHz的参考晶体，这个参考频率已经是可以确定整个机器的频率了，所以我们有仪器、有设备的情况下，只需要调整好这个频率就可以保证机器的频率误差了！下面就谈谈怎么调整的问题。

1.打开机器的上盖，然后拆除固定扬声器铁架的4个螺

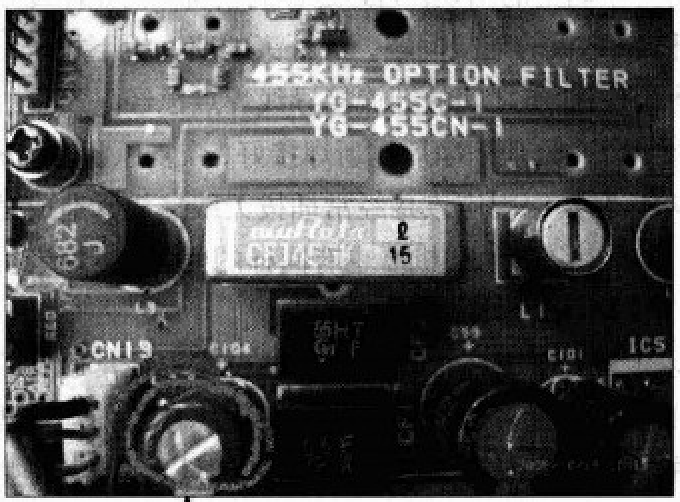


图1 C104的实物位置

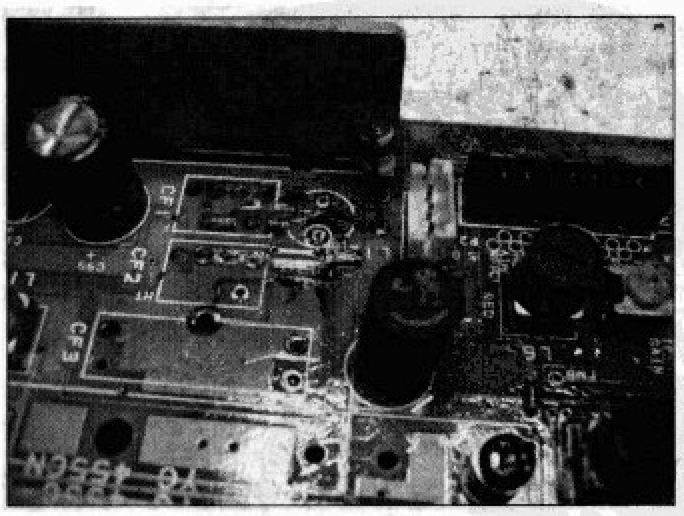


图2 拆下元件后的电路板

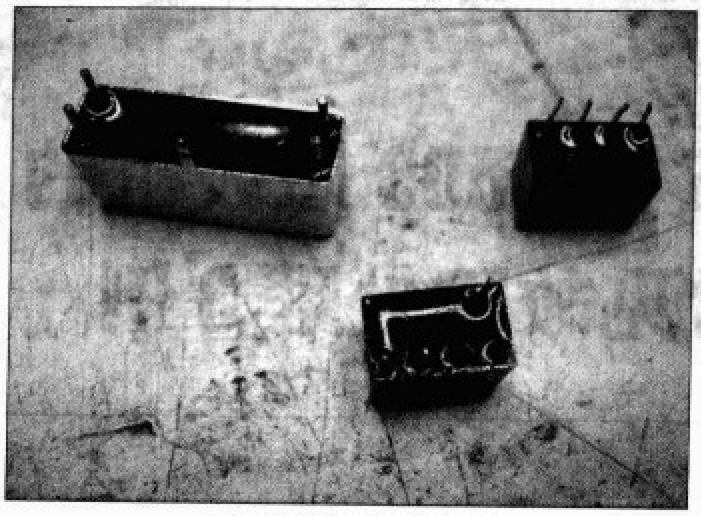


图 3 拆下的 3 个滤波器

丝，移开铁架，就可以看见 CAR 板了，如果有 0.5PPM 以上高稳定度的频率计就可以接到板子上的 20MHz 测量点 TP1，开机半小时左右以后，测量 20.000MHz 的准确度，如果误差太大，就需要用无感开刀调整 20MHz 晶体振荡回路的可调电容TC(如图6所示，通过铁壳上的孔直接调整)，调整到频率计显示 20.000000MHz，误差 ± 10Hz。当然，没有条件的朋友可以通过听频率上的友台通联来慢慢地调整这个电容，同时也可以自己 ON AIR，让友台来确认频率，同样也可以调到符合要求的范围，只是调整需要非常细心和有耐心。需要说明的是，靠实际听来调的，需要关掉机器上的 RIT 和 XIT 功能。

2.用高稳定度的频率计测量LO3本振的频率8.375000MHz，如果有误差就调整TC1可调电容，使频率在8.375000MHz，误差 ± 10Hz（这一步，没有设备的情况下，请不要调整它，实际情况中这个频率误差大的比较少见），至此，机器的频率就已经是校准了！

图 5 是刚打开扬声器铁架后的图。

图 6 在 CAR 板上 20MHz 需要调整的点和测量的点。

图 7 CAR 板上 8.375MHz 需要调整的位置。

三、机器收发状态不稳定

有机器经常接收状态出现声音忽大忽小的，发射也如

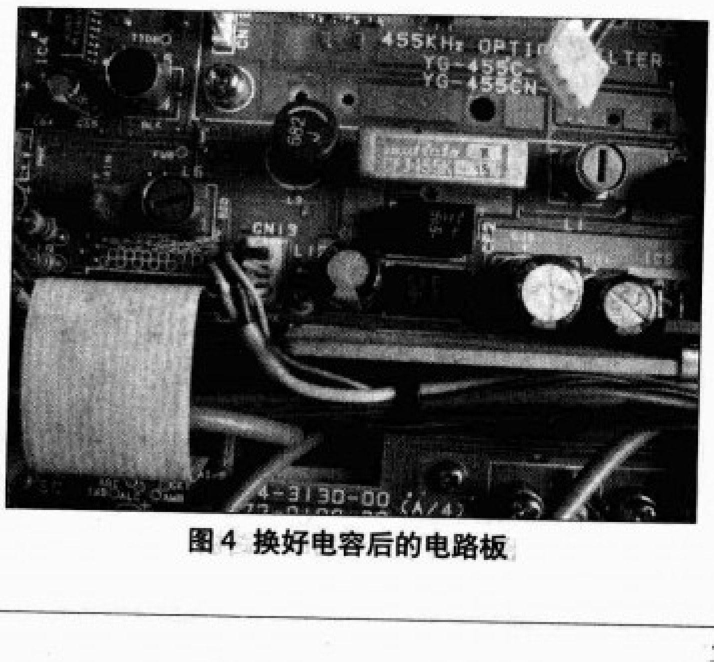


图 4 换好电容后的电路板

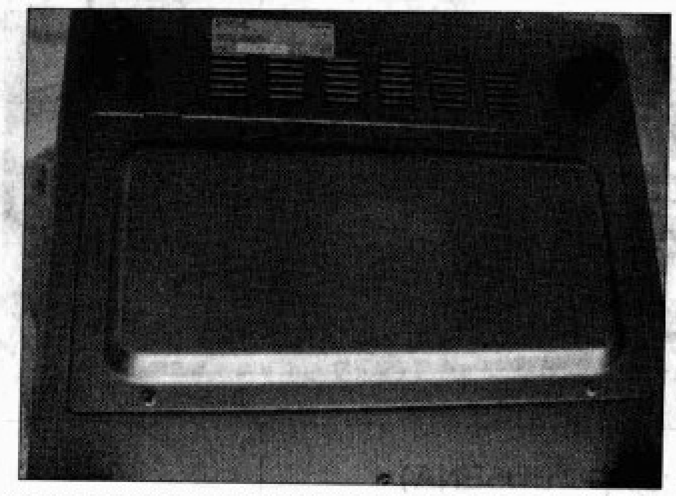


图 5 只需拆下 2 颗螺丝就可开盖子查看 AF 电容的情况

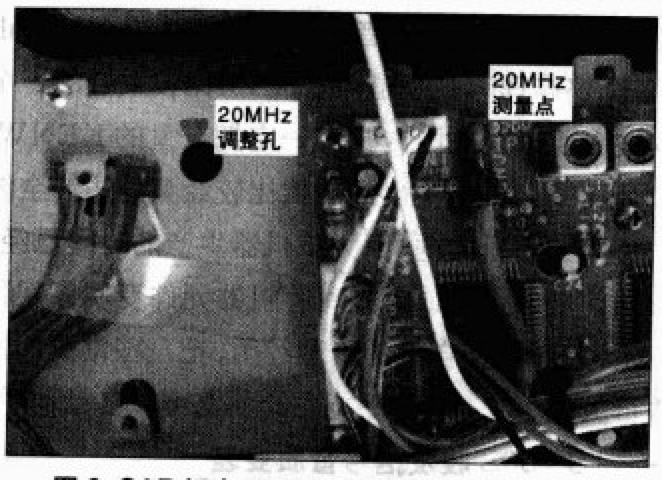


图 6 CAR 板上 20MHz 需要调整和测量的点

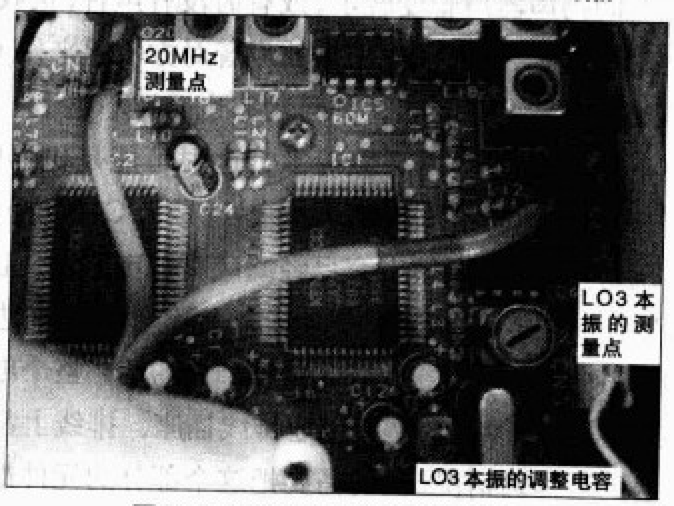


图 7 8.375MHz 需要调整的位置

此（友台反映）。打开 AT 天调功能，也出现机器里在一直调谐，就是找不到 SWR 小的点，机器报警。有时突然又一切正常，不确定的出现。遇到这样的情况，就要怀疑是天线接口和 LFP 板的连接问题。焊开天线座，拆下板子，就会发现板子和插座之间的细连接导线焊点已经是严重的发黑氧化虚焊了，处理干净后重新焊接好，恢复原状态，开机一切正常！究其原因应该是经常插拔天线接头，造成里面松动了，实际上，其他的机器也有同样的问题，爱好者可以注意一下。

以上只是在笔者修理这台机器过程中经常遇到的比较通俗的故障情况，爱好者可以举一反三，自己处理一些比较简单的问题。其他机器比较典型的故障处理，笔者将整理后继续写出来，希望大家可以用好自己心爱的设备。

GP88S手台写频的几点体会

文/卜凡利（BG6IVF）

GP88S手台是一款优秀的U段对讲机，音质优美干净，结实耐用，电池容量大，价位适中。但长期以来存在着一个写频困难的问题。本人几经探索实验，总结出一些经验方法与广大HAM分享。

写频器硬件的选用

图1是网上常见的电路图，原资料中的参数有较大失误，使笔者走了许多弯路。其中关键有以下两点：

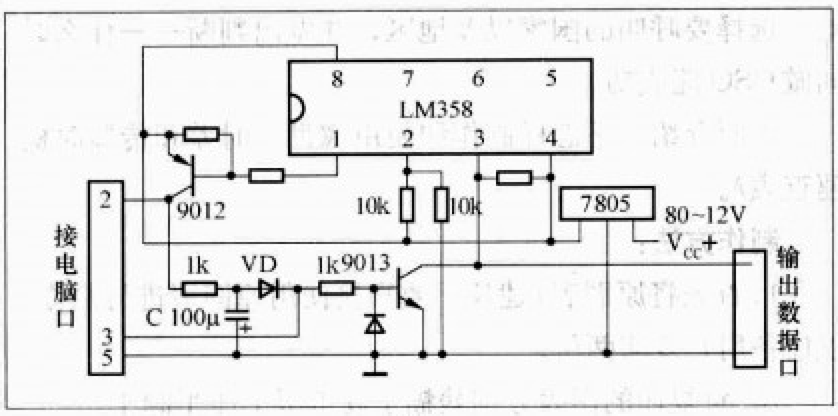


图1

1．运放IC一定要选用单电源的，如LM324、LM358。可首选LM358，它体积小，易安装，UA741则不行。

2．图中升压电容C应选用100μF~200μF/25V。我们知道PC机的RS-232接口的第3脚的驱动能力为几十毫安，D和C可获得串行通信的负电源，电容C应足够大才能保证负压稳定可靠，这一点与专用串口芯片用10μF、2μF的电容不同。

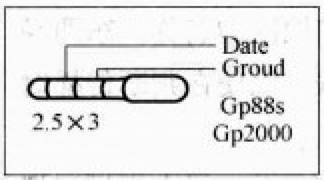


图2

如果电容C选得太小，实际使用时只能读频，不能写频。

对于2.5mm的三芯插头，可用市场上MP3配备的4芯插头改制，效果不错，引线见图2。

写频器的软件

网上常见的汉化软件GP88S可在www.frechina.com下载，安装时有密码(11.4)，它适用于Windows 95、Windows 98系统，而不能在Windows XP版本上使用。

软件设置问题。GP88S软件有很多功能，如果设置不当，写频也不会成功。本人有部手台，收发没问题，就是收听不能开大音量，音量一大就啸叫，以为是自激或是音频功放故障，查了几天找不到原因，后来写频时发现在“频道设置Conventional Personality”栏存有“(Expansion Type)低水平扩张Low-level Expansion”，这种设置是两对以上对讲机成对使用时才起作用。把这个写为”Disabled”，啸叫问题就解决了。如图3所示。

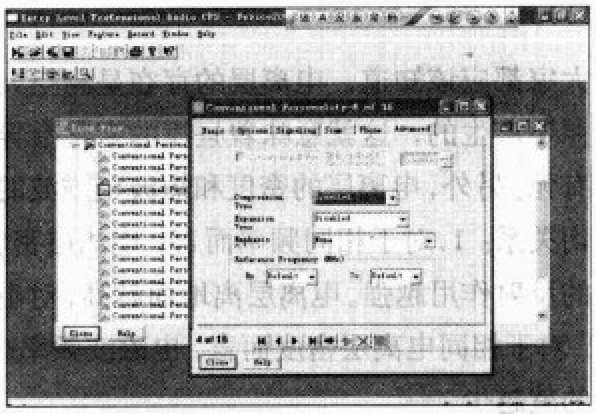


图3

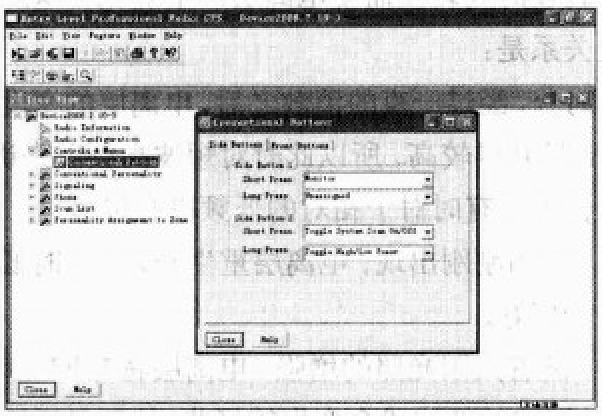


图4

另外，在Radio Configuration栏，去掉“音效Audio Brocessing Filter”，则手台开机不嘀嘀响。在Lights/LEDs栏，去掉“Busy LED”，收信时信号灯不闪。

GP88S的侧键功能设置非常重要，也容易被忽视，这里面有静噪开关Moniter、频道扫描Scan、功率设置Hight/Low，这些功能都要在写频时查看一下图4。

另外还有些功能，需要专业人士解读，本文就不介绍了。最后说说GP88S比较特殊的天线插座。该插座需要专用插头，如果能做出专用50Ω馈线插头，就可以给手台配接室外天线、小型八木天线，或外接功放，这将大大提高手台的接收灵敏度，最大限度提高通信距离。

世界时差和传播时机速查表

文/孟庆彬（BA4JG）

HAM在做QSO时，总希望能够通联到更多的DX电台。要想成功实现DX通联，除了设备和天线因素外，还必须要搞清楚短波信号在24小时中的传播规律。而影响传播好坏的关键因素就在于天空电离层的密度和高度，而电离层的密度和高度又与昼夜时间的转换有着极为密切的关系。要想了解这一切，只需要动手拨一下《世界时差和传播时机速查表》，只用两三秒的时间就可一目了然，用起来比电脑还快捷、方便。特别适合野外通联，对于新HAM更能成为好帮手。

我们大家都应该知道，电离层的存在是高空大气层在太阳的光照下产生的，这就意味着昼夜的变化会导致电离层的强弱有无。另外，电离层的密度和短波电磁波的频率也有如下密切关系：1.对于相同频率而言，电离层密度越高，对电磁波的反射作用越强。电离层离地面越高，对电磁波反射越远；2.对于相同电离层密度而言，电磁波频率高，被电离层反射的就越少。

由于昼夜时间转换而使电离层产生变化，这对短波传播的影响关系是：

凌晨时分，经过一夜的消散之后，电离层的密度已经变得最小，而且升得较高，所以此时对短波高频段来讲，几乎没有传播作用。有时对于相对的低频段有传播。

清晨，太阳刚刚出现，电离层重生开始，这时低波段传播可能开始变好。

早晨，随着太阳光照的增强，电离层将有F1层和F2层同时出现，短波的低波段会变得较好些，特别是近距离传播可能非常好。这时短波的高频段可能渐渐出现传播。

上午到午前时段，太阳光照作用进一步加强，电离层密度也增大。短波的各波段传播渐渐开通，可能都很好，特别是高端将明显变好。

中午至下午，光照最强，电离层积聚密度更高，短波各频段都可能有良好的传播。

下午到傍晚、夜晚之间，电离层F1和F2开始慢慢合并成F1层，此时电离层的密度将聚至最大，而且高度上升，这个状态是短波高频段做DX的最佳时段。但是，由于传播全面开通，各种杂波信号也一起涌入，由此可能导致短波低频段传播反而变得很糟糕，甚至无法做QSO。

从夜晚到深夜、午夜之后，电离层随着时间的变化渐渐变得稀薄，各频段的传播也慢慢变差，特别是高频段更明显。午夜之后的深夜传播可能完全关闭。

上述内容只是对电离层在一昼夜中的变化做了一个相对常规的大概描述。在实际的过程中，由于受季节气候的变化以及发生太阳磁暴等因素的影响，还会有一些难以预料的情况出现，这些都会影响电离层的改变，当然也就使传播发生变化。

通过以上对短波传播规律的大概了解，你就可以灵活地去选择要呼叫的国家以及地区，并做出判断——什么时间做QSO能成功。

下面介绍一下怎样制作和使用《世界时差和传播时机速查表》。

制作方法：

1. 首先将原图表（建议不要直接使用原图表进行制作，以便备用）复印两份。

2. 将复印的图表分别裱糊于硬纸板上压平晾干。

3. 在两个图表的O点处同步钻一个小孔。

4. 钻好孔后拿其中的一张图表用剪刀沿着表中的圆虚线仔细剪下来，剪下来的图表盘一定要平整圆滑。

5. 将剪下的图表盘放到另一张图表上，在同心孔中穿一螺钉固定（使放上去的圆图表盘能够转动为标准）。

至此，一个好用的《世界时差和传播时机速查表》就制作完成了。

已经完成的《速查表》上面将显示出的内容是：

内动圆盘图表　按照地球经度共分24个区域，每个区域为15°，分别标有所在部分城市和地区的名称，东西经各180°；标有BJT时线和UTC时线，以便在判断传播时机的时候作为基准参考点。

外定圆盘图表　标有24时制钟点时值；标有常规习惯印象上的昼夜时段情况划分区；标有对应的时段电离层的相对密度情况（这里主要指的是对短波信号反射传播作用最大的F1、F2层）。

使用方法是：首先只要拨动内图表盘，使BJT，即北京时间。指到当前的时间，马上就可以从图表上查到UTC是什么时间，同时还可以立刻知道世界上某个城市以及地区

的当地时间和昼夜情况。这为进一步查找判断传播时机、确定做QSO的目标范围作好铺垫。

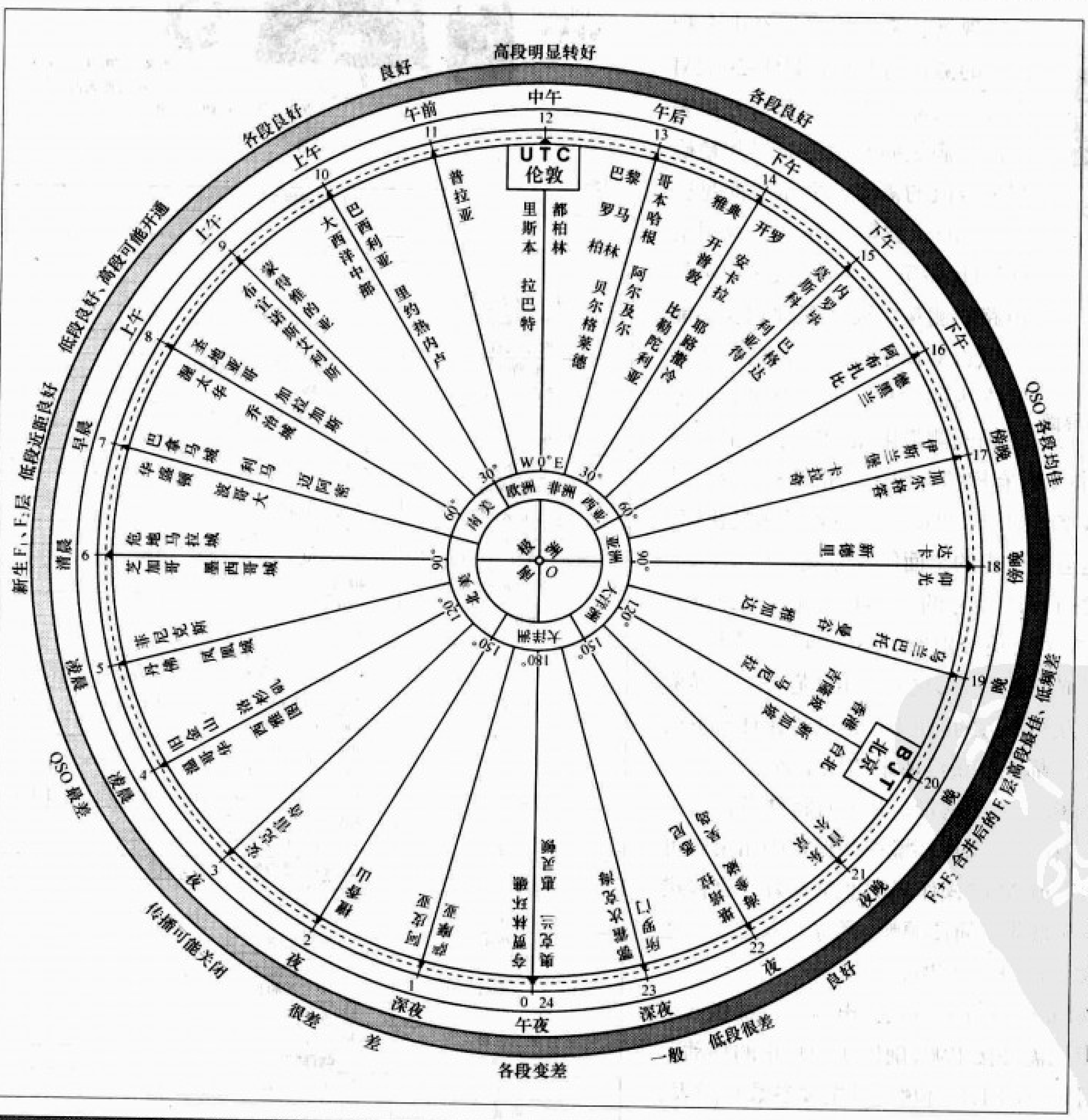
下面是具体的使用方法和步骤：

1．已经确定呼叫时间，判断可能叫通的国家和地区。

（1）拨动内圆图表，使BJT即北京时间指到外圆上的当前时间；

（2）查看外盘对应位置的电离层密度情况以及此时可能建立传播的范围，也就是说看一下外盘这个时段哪个区域的电离层也可能存在传播，那么这个区域的电台就有可能被叫通。

举例说明：比如我们选择BJT0600呼叫，拨盘后可以查出，此时是早晨。向后查，这个时刻所在的国家当地还是凌晨、夜、深夜，不可能有传播。向前查，所在城市当地已经是清晨、上午尽管本地区传播不是太好，但是以上范围的地区可能有好的传播，呼叫这些范围内的电台成功几率可能较高。



2．选择要呼叫的国家和地区，查找最佳呼叫时间。

（1）查找内盘中准备呼叫的地点，以此点为准，拨动内盘指向外盘电离层可能有较好传播的位置；

（2）再查看BJT指示出范围的电离层是否可能有传播。可以左右微动一下，以找到两地都可能有传播为准。一般都能判断出通联的时段。

比如，要想叫通美国洛杉矶的电台，用“速查表”判断：如果在北京时间早晨呼叫，洛杉矶是下午，两地均有传播。但是，此时在我们当地高空的电离层刚刚出现，密度不高，高度也不够，叫通的可能性不大。如果选择晚上呼叫，我们当地的传播可能最好，但此时的洛杉矶恰好是凌晨传播最差时，叫通根本就不可能。当选择中午时段呼叫时，我们本地处于良好传播状态，洛杉矶是晚上传播最好时间，成功几率非常高。所以本人曾经在这个时段多次同洛杉矶的KU6T做过良好的QSO。

2007年夏天的一天中午就曾经在7.05MHz听到过一个阿根廷的电台LO2RA，RS达到58。当时天津的BD3ABR也听到并组织大家让出频率，让我呼叫。因为本人是QRP电台，可惜没能叫通。一般很少在40m波段听到那么遥远的电台，之所以能在7.05MHz能听到，就是传播时机开通的缘故。

依次类推，要叫通欧洲东部，必须是下午或者是傍晚；欧洲西部或非洲，应是晚上，等等。大家可以边使用边去摸索其中的规律。相信《世界时差和传播时机速查表》能给你顺利做QSO提供可行的帮助。希望HAM们能够通联到更多的DX电台。

HDS2062M 手持式数字存储示波表

文 / 实验室

万用表和示波器无疑是电子工程师和电子工作者最重要的必备工具，面对现场复杂系统、在有限的操作空间、在需要经常移动的维修测量场所，需要稳定、轻便、易读的全面检测工具，OWON的HDS2062M手持数字存储示波器正是为此应运而生，它将60MHz带宽、250MS/s 的实时采样率、双通道数字存储示波器和万用表的功能整合在一起，是所有现场工程师面对苛刻应用环境的必备工具。

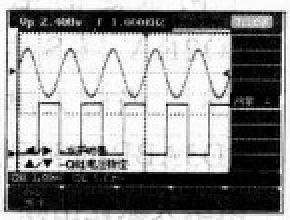


图1 示波器显示界面

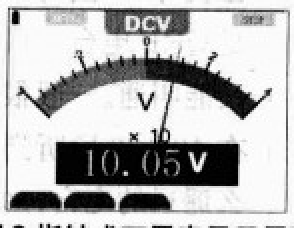


图2 指针式万用表显示界面

现场故障原因必须经由多种信息的测量与判读，HDS2062M手持示波器集合示波器与万用表一体，满足同时检测波形和精确测量数值的需要，显示界面见图1。它的示波器部分具有双通道60MHz带宽，能满足大多数常见电路的测量需要，多种触发功能可以自动稳定地显示包括视频信号在内的各种波形。万用表部分可精确测量电压、电流、电阻、电容等参数，显示读数时，既有模拟万用表的指针式显示，又有数字式万用表的数字式显示（见图2），很容易满足快速、精确的测试要求，是通用仪表的全面解决方案。

HDS2062M配备了3.8英寸的彩色液晶屏幕，分辨率为320 × 240。两个信号通道分别使用不同的颜色来显示，加上可控的照明背景光，使得波形更易读取，尤其是当屏幕上显示大幅值或多个互相覆盖的波形时，无论是在日光下还是黑暗的检测环境中，都能够获得清晰的显示效果。

HDS2062M仅690g，易于携带，并备有特殊设计的一体化绝缘防震保护套，在苛刻工业环境中确保坚固耐用与可靠操作。另外，HDS2062M的操作界面非常友好，直接进入全中文界面，使用起来非常简便顺畅。除了中文之外，还可以调出英文、俄文、西班牙文界面。

HDS2062M内部安装有可充电式锂电池，可提供6小时的电池操作时间而无需外接电源，确保实现真正的移动工作，足够使用者应对紧迫的工作环境。其主要参数见附表。

图3是该示波表的包装及附件。

图3

附表

功能描述	
带宽	60MHz
最大实时采样率	250MS/s
上升时间	5.8ns
通道与数字转换	双通道
独立的浮地隔离通道	万用表与示波器输入地是隔离的
时基量程	5ns~5s/格
准确度	±(0.01%读数+1个像素)
垂直灵敏度	5mV~5V/格
准确度	±(5%读数+0.05×量程/格)
触发模式	自动、正常、单次、边沿、视频
波形测量	2个光标+5个自动
光标与图像放大	有
最大记录长度	每通道6K个点
屏幕存储	4个屏幕、4个设置
真有效值数字多用表	电压、电流、电阻、电容、通断、二极管
电压量程	400mV、4V、40V、400V
准确度	VDC：±（1%+1个字）
	VAC：±（1%+3个字）
电流	DCA：40mA、400 mA：(±1.5%±1字)
	20A（使用分流器）：(±3%±3字)
	ACA：40mA：(±1.5%±3字)
	400mA：(±2%±1字)
	20A（使用分流器）：(±5%±3字)
电阻	400Ω：±（1%+3个字）
	4kΩ、40kΩ、400kΩ、4MΩ：±（1%+1个字）
	40MΩ：±（1.5%+3个字）
电容	51.2nF~100μF：±（3%+3个字）
程控特性/接口特性	
PC接口	RS232接口
电源	电源适配/电池
电池供电	6小时锂电池
显示	
显示类型	3.8英寸的彩色液晶显示
显示分辨率	320水平×240垂直像素
显示色彩	4096色
物理特性	
尺寸	180mm × 113mm × 40mm
重量	690g

作为家电维修人员，上门服务经常遇到一些尴尬的事，比如彩电维修中，用万用表测量电路各个工作点电压正常，可是故障现象时有时无；变频空调检查不出毛病，可就是不致冷……

随着科学技术突飞猛进的发展，不少电子产品已经采用了总线控制技术，万用表已经不能完全满足现代电器的检测要求。现场故障诊断的场合需要深入检测信号波形，希望有功能更齐全，价格更便宜，携带更方便的手持式测试仪表的出现，因此许多人关注着手持式数字示波表（包括视波万用表）的发展及使用。

本系列文章将从发展历程、原理剖析、产品选购、实际应用等几个方面，分别介绍数字示波表和视波万用表的相关知识，希望能够帮助你对其中的产品性价进行比较，进一步了解自己的真实需求。

下面就请跟随我到这个会给大家带来便利的数字示波表世界里遨游一番吧！

时代之选
——数字示波表带给我们便利

文/庄 军

人们遇到头痛脑热，就会想到去医院，看到医生必备的听诊器和血压计也不陌生。医生用它们对病人的心律、呼吸、血压做出基本的判断。进一步的诊断还要通过化验、心脑电图仪、X光机、彩超、CT等手段，深入病灶研究，然后对症下药。

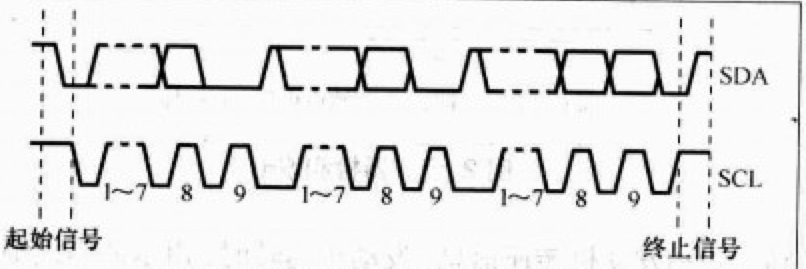
其实作为机电维修人员，我们手中的万用表，也就是起到“听诊器”、“血压计”的作用，凭着多年维修经验，做出故障判断。随着科技发展和数码技术应用，我们手中的这个武器已渐渐“力不从心”。数字示波表的出现等同我们“出诊”带了一个心脑电图仪。

要了解数字示波表给我们带来的便利，还要从以下几个方面说起：

选择数字示波表是因为被测对象发生了巨大的变化

在科技日新月异的今天，越来越多的检测对象由数字取代模拟、由复杂取代简单，变频调控、脉冲调宽、总线通信、鉴频鉴相等新型电路的应用，数字电视的兴起和普及，使万用表已经不能完全检测和捕捉数字信号及相位变化的信号，对于维修人员，没有数字示波器只能“望尘莫及”。传统行业靠“一块万用表”打天下的情况将成为历史。

以彩电为例，由荷兰飞利浦公司于20世纪80年代研制开发成功的I²C总线集成电路，广泛应用于音频、视频集成电路及中央控制中心，使数字技术扩展了彩色电视机的遥控功能，为开发16：9高清晰度数字彩色电视机奠定了基础。I²C总线主要完成的是能够代表启动信号、地址、读/写位、应答位等的数据流的数据传送，因此，在商业宣传中，人们习惯于称呼由I²C总线控制的彩色电视机为“数码彩电”。I²C总线的传输是一个比较复杂的数码传输，在传送数据时其速率可达100kbit/s，最高速率时可达400kbit/s，它主要是以18bit的字节进行数据传输，而传输时又总有一个时钟脉冲相对应，因此，I²C总线的数据传送实质上是个脉冲串的传输。



1~7为地址位；8为读/写位；9为应答位

图1 I²C总线数据传输格式

以手机维修为例，我们接触的手机都有一个鉴相器电路。它将VCO振荡信号的相位变化变换为电压的变化，鉴相器输出的是一个脉动直流信号，这个脉动直流信号经低通滤波器(LPF)滤除高频成分后去控制VCO电路。鉴相器多种多样，有数字的，也有模拟的。如双口鉴相器、鉴频鉴相器等。在手机电路中，鉴相器通常与分频器被集成在一个专用的芯片中，这个芯片通常被称为PLL(锁相环)，或被集成在一个复合芯片中（即该芯片包含多种功能电路），这部分信号用万用表是不能检测到的。

以汽车电路为例，汽车发动机转速传感器为磁感应式传感器，传感器频率变化的交流电压向发动机控制单元提供曲

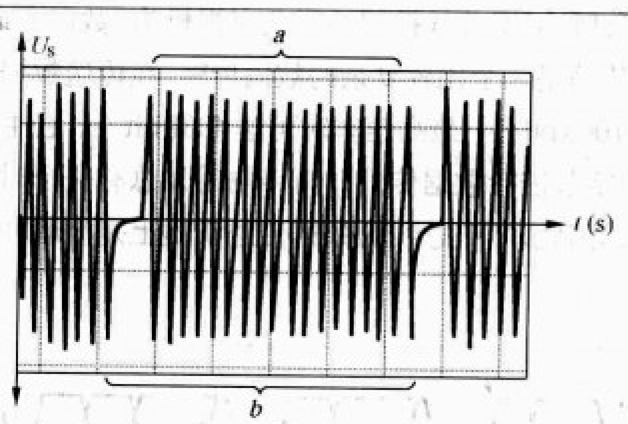
似曾相识
——认识数字示波表

文/庄 军

一、数字示波表的由来

数字示波表出身“豪门”，祖先要追叙到20世纪40年代，雷达和电视的出现需要性能良好的波形观察工具，这时候模拟示波器兴起，到70年代达到高峰。随后，高速A/D采样技术的应用及大规模集成电路的产生，为数字示波器设计、普及提供了充分的基础空间。由于数字示波器能充分利用记忆、存储和处理，以及多种触发和预前触发能力，解决了模拟示波器长久以来难以解决的对高速过程、瞬间过程记录和重现的难题。从此，数字示波器异军突起，大有全面取代模拟示波器之势。

数字示波表是在数字存储示波器基础上发展起来的一种新型便于现场检测、维修使用的手持型仪表。高速采样技术的成熟，液晶显示器件的普及都为数字示波表发展铺平了道路。数字示波表覆盖了数字存储示波器的基本功能，不仅能完成对被测信号波形捕获和显示，自动计算处理，提取峰峰值、平均值、有效值、频率、周期等信号参数，还可以测量电阻值、二极管正向压降、开路短路。它采取直流供电，体积小巧，重量轻，携带使用方便、可靠，因而被称为掌上数



a—58 个波峰；b—周期；U_S—感应电压；t—时间

图2 示波器检测波形

轴位置和发动机转速信息。发动机运转时，用示波器检测发动机转速传感器得到的波形如图2所示。

当今，数控技术的应用给传统制造业带来了革命性的变化。数控技术是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和与机械能量流向有关的开关量。这种技术用计算机按事先存储的控制程序来执行对设备的控制功能。由于采用计算机替代原先用硬件逻辑电路组成的数控装置，使输入数据的存储、处理、运算、逻辑判断等各种控制机能的实现，均可通过计算机软件来完成。

选择数字示波表是现场检测的需要

在今年年初南方地区发生的冰冷雪灾造成电力中断、通信失灵、交通堵塞等，多少抗灾现场需要便利的检测手段；家电产品上门服务、机电设备调试、低压电器安装、铁路信号检测、数控机床的维护也都需要便利的检测手段。数字示波表具备了起码的电信号检测能力，运用波形及数据存储丰富的波形分析功能，再加上不受现场环境影响，可以用直流电池供电，使数字示波表的应用如鱼得水。

选择数字示波表是提高效率的有效手段

日常的'维修工作中，遇到疑难故障，一时无法对故障原因做出判断，往往采取迂回战术，运用替代法、间接测量法逐步缩小故障范围，费时费力，一不小心造成新的器件损坏。有了数字示波表，可以深入“病灶”，直接观测核心电路动态特性，了解造成故障的直接原因，提高了效率，节省了时间。

选择数字示波表是实现综合检测的前提

数字示波表通过高速采样将模拟信号变换为数字信号进行处理，在中央处理芯片的控制下，可对被测信号进行存储、分析及无纸记录，为实现现场综合检测奠定了基础。以ET521A为例，除了25MHz模拟通道数字存储示波功能外，增添了LCR数字电桥，60MHz数字频率计，可以用来调试38MHz中周；还可以输出正弦波、方波、锯齿波、三角波等函数信号以及遥控器/晶振检测。一台仪器具备了各种测试功能，真正为现场提供了综合检测的手段。

人们常说：“磨刀不费砍柴功”、“没有金刚钻，那能揽瓷器活”，就是说没有掌握好的“利器”会耽误时间，又影响生意。选择数字示波表使你在掌握必备的检测手段的同时，促使你更加努力学习新的知识，更加充分地了解被测对象的原理，使你的事业上升到一个新的台阶。

字示波表和工业示波器。特别在家用电器、工业电器设备的现场安装调试、快速故障诊断排除、设备运行状况监测、日常检查维护，以及野外移动作业等场合，有了数字示波表就不必继续搬运笨重的台式示波器上场了。

目前常见的国外品牌数字示波表有Fluke、Tektronix、Metrix 、Svmmit、Velleman、Metex等，其中美国福禄克(Fluke)作为数字示波表测量领域的行业龙头，形成了强大的品牌效应，但其昂贵的价位，也使众多家电维修人员只能望梅止渴。

从2000年起，国内的一些院校、厂家开始研发数字示波表产品。主要的品牌有：成都五行、郑州中健、镇江思宇、漳州利利普、东莞优利德、珠海伊万等。由成都五行科技发展有限责任公司研制、开发的WX4451型数字示波表，可谓首款国产数字示波表；伊万科技开发的ET521A将数字示波表和视波万用表结合在一起，也是不错的创新。

图1～图8为市场上常见的数字示波表和视波万用表。

据有关部门的统计资料显示，近几年国内对数字示波表的需求量每年可达上万台。因此，从行业需求上来看，20MHz带宽的产品是目前市场的主流。正是由于面对这样的市场需求，所以，国内数字示波表生产企业都把基础产品设定在20MHz带宽、100MS/s采样率的机型。福禄克销售量较大的数字示波表为F123和F124两个型号，其带宽分别为20MHz和40MHz，采样率为25MS/s。

二、数字示波表与视波万用表的区别

视波万用表的出现，弥补了万用表不能观测波形的缺憾，非常适合家电维修者使用，本文将从不同视角，对数字示波表和视波万用表加以区别。

1.出身不同

数字示波表是从模拟示波器→数字读出示波器→数字存储示波器→数字示波表发展而来；

视波表是从指针式万用表→数字万用表→视波万用表发展而来。

2.用途不同

数字示波表是用来满足对测试对象的波形作出定量的分析，尤其工作在高频状态下；

视波表是作为测量过程中，观察被测信号是否正常的一

图1 福禄克F196c

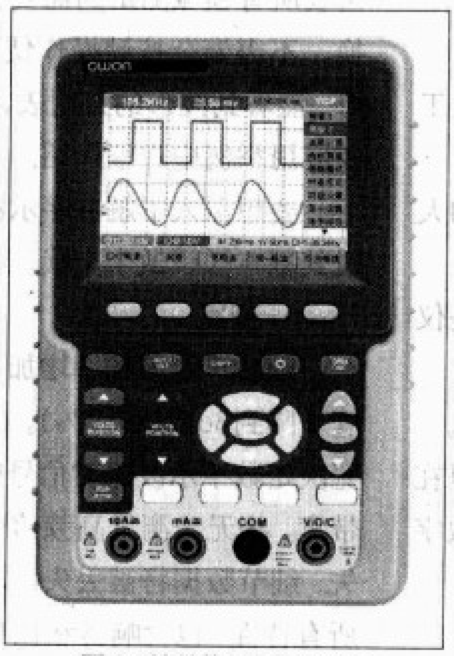


图2 利利普HDS1022M

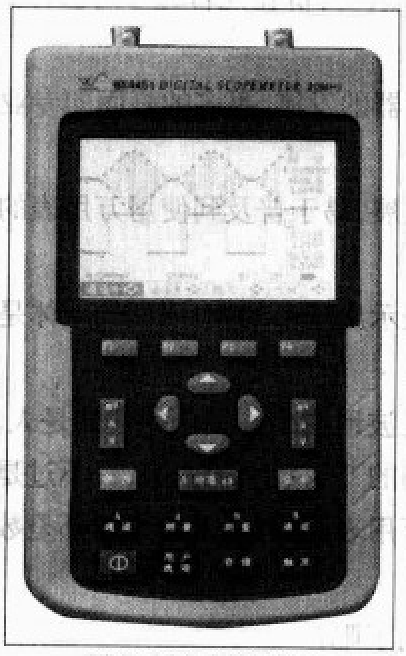


图3 五行WX4451

图4 优利德UT81B

图5 伊万VC301A

图6 伊万ET521A

图7 有利华YS3C20

图8 思宇ZB22011

种手段，主要工作在音频或工频范围内。

3.功能不同

数字示波表追求的是采样高速度、模拟宽频带、丰富的数学运算、指示精度以dB为单位；

视波表则以双积分A/D采样为测量结果，运用高速采样就是为了观测波形，不影响测量精度，不牺牲输入阻抗，具备万用表所有功能。

4.操作不同

数字示波表已经考虑到传统示波器使用习惯，从波形分析角度，也需要约20个以上的按键配合，没有使用过示波器的人不容易掌握；

视波表在传统数字万用表基础上扩展为带波形显示，凡是使用过万用表的人群，只要按一个DIS键，就能自动转换为波形显示，基本不需调节。

5.价格不同

数字示波表是采用高速A/D、高速CPU、FPGA等昂贵器件，成本高，售价在2000元到10000元以上；

视波表是以万用表芯片为核心，配以点阵液晶和带高速A/D的CPU，成本相对较低，售价在几百元不等。

6.前景不同

数字示波表是手持式仪器的发展，更多的是面向专业工程技术人员。

视波表是测量工具的发展，易于普及到使用万用表的人群。

数字示波表——可以表示出波形的表，强调的主体是仪器。

视波表——可以看得见波形的表，强调的主体是人。

在有些产品介绍中提到的万用数字示波表，只不过是在数字示波表中增加了部分万用表测量功能，其主体还是数字示波表。

这回想必你不再有疑问了吧？

三、视波表是第三代的万用表

依上面比较可见，视波万用表则出身“平民”世家。从指针万用表到数字万用表历经半个多世纪的发展，已经成为电工，电子技术工程人员必不可少的测量工具。但是，指针和数字万用表只能提供测量结果与数据，无法直观区别信号和噪声的瞬间特性，无法显示在电路中非正弦信号的动态及干扰信号的严重程度，就无法对引起故障的根本原因作出分析。

“视波表”顾名思义，就是看到波形的表。视波表的波形再现与数字示波表有着根本的不同。数字示波表主要用来进行波形分析和波形记录，注重频率响应宽范围，操作相对要繁杂许多；而视波表强调测量功能的准确性，波形再现仅是现场故障诊断的辅助手段，所有测量参数都是双积分A/D测量的结果，并以数码形式显示出来，更准确直观。

市场调查表明，拥有示波器的群体，对测量高频信号、对被测波形做出详尽的分析，只占40%左右，众多使用者是用来观测100kHz以下的低频信号，如晶闸管整流器、开关电源的脉冲调宽电路、微处理器给出的逻辑控制信号、通信协议之间的数字信号、I^2C总线控制等，其间绝大部分波形的观测也只是定性的分析，如波形有无、是否正常。在这种情况下，选择数字示波表实际上是种浪费。视波万用表的出现，给这样的使用群体带来更多的选择余地。

在20世纪80年代初，当数字万用表出现时，人们已经感觉科技进步给电子、电工检测带来的精确和便利。相信在不远的将来，带波形显示的万用表逐渐被人们所认知。视波万用表是测量工具型仪表的一次变革，成为继指针式万用表——数字万用表之后的第三代万用表。

目前市场上的视波万用表除具有大家熟悉的一般万用表的功能之外，还具有44kS/s到400kS/s的采样速率，2kHz到50kHz交流电压测量带宽和波形观测功能，基本满足万用表所有领域测量的需要。测量时通过“自动”键的一键转换，不需繁杂按键操作便可轻而易举地看到被测信号的波形。能看到波形的万用表，测试中会发挥怎样的作用，我会在应用举例中详细介绍。

要想深入了解数字示波表和视波万用表的使用，有必要对其基本知识做个交代。

1. 带宽

随着正弦波频率增加，液晶显示屏幕上所观测的信号幅度下降到3dB（70.7%），在此频点为数字示波表的带宽。带宽决定数字示波表对信号的基本测量能力。如果没有足够的带宽，将无法测量高频信号，幅度将出现失真，边缘将会消失，细节数据将被丢失；如果没有足够的带宽，得到的信号所有特性，包含响铃和振鸣等都毫无意义。影响带宽有两个因素：一是垂直通道模拟电路，包括输入衰减、可变增益放大等，表现为硬件电路对测量信号的衰减度。二是下面提到的高速A/D的最高采样率。

2. 采样率

高速A/D对信号采样的频率，单位为每秒采样次数（S/s）。最高采样率是指在单一触发中，模拟数字转换器能采集的最大采样点数目。数字示波表的采样速率越快，所显示的波形的分辨率和清晰度就越高，见图9。前面所讲目前多数数字示波表采样速率为100MS/s，对应20MHz的带宽，每个测量周期仅采样5个点。随着采样速率的提高，对应示波器带宽也随之增加，价格也变得更加昂贵。

3. 记录长度

一览无余
——剖析数字示波表

文/庄 军

一、数字示波表的组成结构和工作原理

以国产 WX4451 数字示波表为例做简单说明，数字示波表系统是由模拟输入通道、信号采样与存储、核心控制逻辑、微处理器、共享存储器、液晶显示器、元件测量以及电源变换等功能单元组成，如图 1 所示。

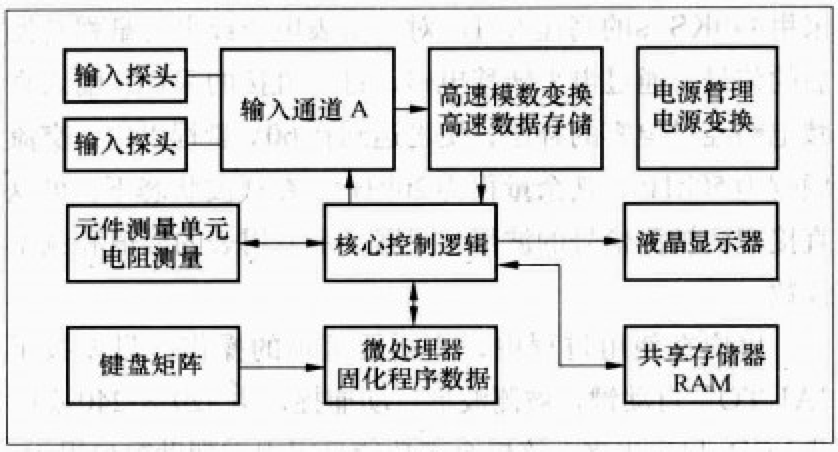


图 1

数字示波表要达到20MHz的带宽，其输入通道必须保证模拟带宽和垂直测量精度，这就要求输入阻抗变换、信号衰减放大、垂直增益细调等电路的精确、稳定和可靠。

输入的模拟波形经连续模数变换转为数字流，是数字示波表的关键技术，也是区别于模拟示波器的标志特征。WX4451 采用 AD 公司低功耗、高速双通道模数转换器件 AD9288，在核心逻辑电路控制下捕获波形数据，存储于 FIFO 中，等待处理器读出处理。

核心逻辑单元功能复杂，而且要求高速度、低功耗、小体积。要求现场可编程门阵列（FPGA）要产生时基时钟，控制信号采样过程，过滤采样数据，压缩数据存储量，产生液晶显示扫描刷新信号，提供高速 VRAM 方式屏幕操作。选用 ALTERA 公司FLEX 6016 FPGA，满足了该系统设计要求。

处理器单元包括键盘、微处理器、数据程序存储器，掉电保持存储器。在程序控制下，完成键盘按键扫描，输入操作命令；通过核心控制逻辑单元，协调系统各功能单元运行；处理波形数据，形成显示的图形点阵数据，通过核心逻辑，写入共享存储器RAM；提取参数，显示测量数值；连接计算机，回传捕获数据。

二、视波万用表的组成结构和工作原理

现以VC301A 真有效值视波表为例，介绍其组成结构

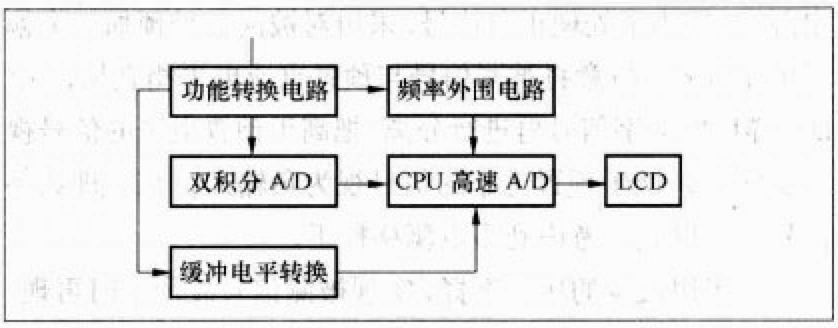


图 2

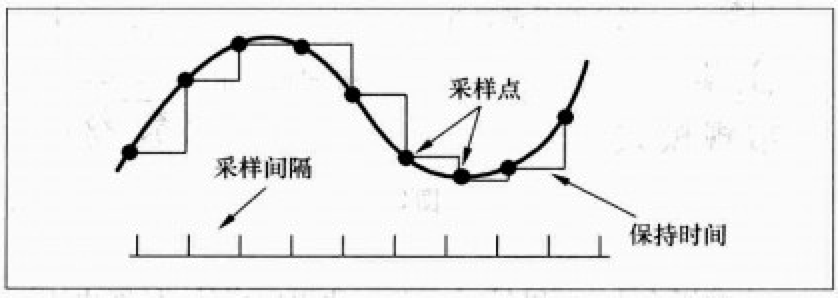


图 9

记录长度是指可被数字示波表一次性采集的波形点数，它由数字示波表的存储容量决定，要增加存储容量才能增加记录长度。如果你需要不间断地捕捉一个脉冲串，则要求数字示波表有足够大的存储器以便捕捉整个事件。存储深度是将所要捕捉的时间长度除以精确重现信号所须的采样速率。存储深度与采样速率密切相关，见图 10。

图 10

数字示波表还分为常规、单次、视频不同的测量模式，垂直分辨率一般为8bit，垂直灵敏度从5mV/div～50V/div等，在此不一一介绍。

和工作原理，其功能单元组成见图 2。

大家知道，数字万用表是采用 2 次／秒～3 次／秒的双积分式 A/D 为核心芯片，其优点是测量分辨率高，抗干扰能力强，成本低廉，外围电路简单成熟，抗冲击和电路保护完善。缺点是不能采集波形。而采用双积分 A/D 和高速多路 A/D 芯片共同组成视波万用表电路，一方面保持传统数字万用表测量准确等优点，同时将被测信号的波形通过高速 A/D 取样，送到 CPU 进行处理，最后将测试结果以数码方式显示和波形再现出来。

输入电路采用并联分压方式，从 200mV 到 1000V（扩展2000V）量程分别在各自的分压电阻上并联不同的补偿电容，以使被测信号能够展宽到 20kHz。 其他功能转换电路如真有效值测量，电阻测量，电容测量等同传统数字万用表一样，在此不再重复。

被测信号经功能转换电路，一路送双积分A/D 转为数字信号给 CPU 处理，显示测量数据；另一路经缓冲电平转换电路送采样速率 200KS/s 的高速 A/D。高速 A/D 对被测信号波形进行一个周期内超过10个点的采样，经CPU运算还原出被测波形的形状，由 128 × 64 的点阵式LCD显示出来。

在采用高速A/D对交流信号进行采样时，为了不影响被测量电路的准确性，在高速A/D之前加一级缓冲放大器，用来信号隔离。由于被测交流信号有正负半周，直流信号有正负输入，需要极性判别，而在手持式万用表中往往采用单电源供电。为了处理正负信号，采用对被测信号预加一个偏置电压方式，特意将被测信号与预置直流电平相叠加，A/D采样后的数字信号再进行分离，把高于预置电平的信号视为正输入；低于预置电平的信号视为负输入。在处理数字信号时可以充分考虑到零点飘移校正。

为了用最少的按键选择，实现被测信号波形实时再现，在高速 A/D 采样后数字处理时，设计一个自适应波形再现的数据处理程序。当被测交流信号经连续 10：1 分压后，已经变为 mV 信号，此信号大了容易使显示的波形超出 LCD 可视范围，信号太小不容易观测。如果增加可变增益放大器等附加电路，会增加整机成本和设计的复杂性。自适应计算就是测量被测信号时，将其幅值和频率测到，通过改变送到 LCD 代码的数字信号，将波形再现的高度和波形个数控制在容易观测的屏幕范围内。显示波形幅值大小与被测信号无比例关系，只为观测的方便。要想了解测试参数，直接读取数码显示内容即可，测量结果一目了然。

由于“视波表”可以根据用户使用的测量范围设计不同带宽及不同功能，使之以最低的成本，发挥最大的测试潜力。作为随身携带测量仪表，同时在用户所需测试范围内，又能观测到波形，因此适合现场故障诊断和设备安装调试，尤其适合大信号（2000V 高压、600A 电流）的波形的检测。

三、数字示波表＋视波万用表功能工作原理

在测量过程中，有时既要测量高频小信号，又要测量高压信号，而现场检测又不允许携带多种仪器。下面介绍一种既有数字示波表功能，又具备视波万用表功能的ET521A综合性测试仪，可满足上述要求。在设计上充分考虑功能的实用性，包括自动量程的数字万用表芯片和由 FPGA 及 100MS/s 高速 A/D 组成的采样电路，同时采用双核 CPU 的设计，FPGA 及高速 A/D 高速器件分别由不同的 CPU 控制，使资源优化最合理。

ET521A不但具备25MHz带宽数字存储数字示波表功能，同时具有 6V～2000V 自动量程“视波表”功能，不用转换万用表输入端口，直接按键观测被测波形。视波功能采用440KS/s的高速A/D，对万用表电压或电流量程转换后的信号，通过电平转移电路，进行直接的采样。输入衰减电路经过电容的补偿，使之达到在 60V 量程以内，交流频响为 50kHz，其余量程为 20kHz。在视波状态下，可以直接观测被测信号的波形，同屏显示万用表的幅值和频率读数。

用户在使用过程中，不需要繁琐的操作，只要按下“AUTO”自动键，被测波形自动捕捉，由 320 × 240 点阵式LCD 显示出来。该机全部功能采用中文帮助窗口提示，是不看说明书也能使用的自助式仪器，其界面见图 3。

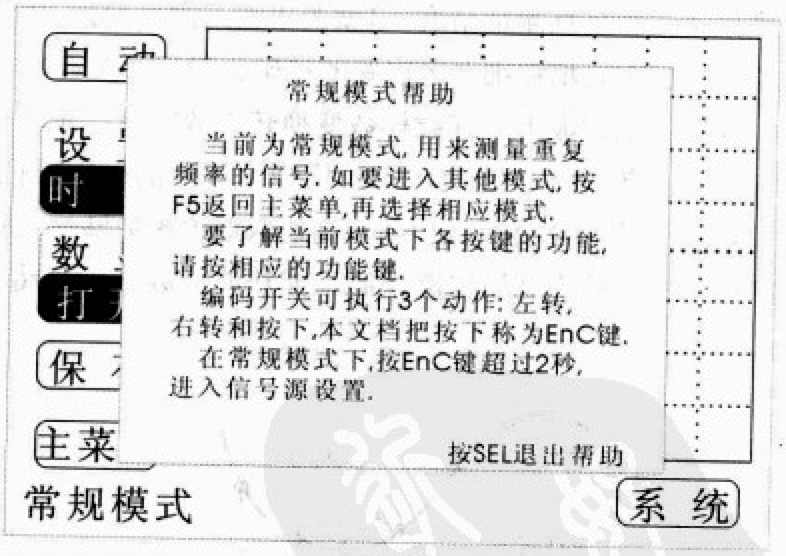


图 3

在此平台上，可以针对不同行业用户群体，扩展出不同需要的现场故障诊断仪器，如增加高频测试和手机电源高速采样功能，方便手机故障检测；增加汽车故障码读出，可以方便各类汽车电器的检修。该“数字示波表＋视波万用表”的出现，打破了通用测量仪器的概念，一站式功能组合，可满足更多现场故障诊断的需要。

量体裁衣

——选购数字示波表

文/庄 军

一、如何选购数字示波表或视波万用表

选购时需要考虑的问题如下：

1.了解你的信号？

你要知道你用数字示波表观察什么？即你要捕捉并观察的信号其典型性能是什么？你的信号是否有复杂的特性？你的信号是重复信号还是单次信号？你要测量的信号过渡过程带宽，或者上升时间是多少？你打算用何种信号特性来触发短脉冲、脉冲宽度、窄脉冲等？你打算同时显示多少信号？

一般家电维修，如彩电维修，比较常见的信号有：行频15625Hz信号，视频复合同步信号，包括行同步和场同步；视频信号在6MHz以内，伴音载频在6.5MHz，还有一些CPU控制数字信号。所选用的数字示波表除常规测量外，还应具有视频复合信号测量功能。

传统的观点认为模拟示波器具有熟悉的面板控制，价格低廉，因而总觉得模拟示波器“使用方便”。但是随着A/D转换器速度逐年提高和价格不断降低，以及数字示波器（表）不断增加的测量能力和实际上不受限制的各种功能，数字示波器（表）已独领风骚。更重要的是数字示波表及视波万用表采用交流适配器和可充电电池组供电，具有体积小，重量轻（几百克）等特点，已逐渐成为现场维修检测，必不可缺的工具型仪表。

2.带宽如何？

一个决定你所需要的示波器带宽有效的经验法则是“5倍准则”，即将你要测量的信号最高频率分量乘以5。这将会使你在测量中获得高于2%的精度。以彩电维修为例，如果要观测6MHz左右视频信号，最好选用6MHz × 5约30MHz的示波器比较合适，但目前示波器一般分为20MHz和40MHz。40MHz示波器价格相比20MHz示波器高出不少，所以20MHz示波器价格合适，基本满足家电维修测试要求，呈现较大的市场需求量。

3.采样速率怎样？

采样速率的单位为每秒采样次数（S/s），指数字示波表对信号采样的频率。示波表的采样速率越快，所显示的波形的分辨率和清晰度就越高，重要信息和事件丢失的概率就越小。

实际上，信号的准确再现取决于其采样速率和信号采样点间隙所采用的插值法。一些示波表会为操作者提供以下选择：测量正弦信号的正弦插值法以及测量矩形波、脉冲和其他信号类型的线性插值法。有一个在比较取样速率和信号带宽时很有用的经验法则：如果你正在观察的数字示波表有内插（通过筛选以便在取样点间重新生成），则采样速率与信号带宽的比值至少应为4∶1。无正弦内插时，则应采取10∶1的比值。

以采样速率100MS/s的数字示波表为例，要能够观测到25MHz的信号，每个周期只能采样4个点，显然完整地还原被测信号是不可能的，所以现在数字示波表一般采取正弦内插的算法，使正弦波测量带宽达到25MHz。当被测信号是非正弦波的重复波形，只能观测10MHz以内，甚至更低。

4.需要几个通道？

你需要的通道数取决于你的应用。对于通常的经济型故障查寻应用来说，需要的是双通道数字示波表。然而，如果要求观察若干个模拟信号或工作于模拟与数字两种信号的系统的相互关系，将需要一台4通道数字示波表。考虑到成本关系，对于家电维修等波形测试，不需要进行相位比较，可以选用单通道，并用波形存储后再调出来与测试波形进行比较，可以节约不少的金钱。

5.数字示波表的指标精度如何？

数字示波表的指标有很多，如垂直灵敏度、扫描速度、增益精度、时间基准、垂直分辨率、保修期等。

6.需要哪些分析功能？

数字示波表的最大优点是它们能对得到的数据进行测量，且按一下按钮即可实现各种分析功能。虽然可利用的功能因厂家和型号而异，但它们一般包括诸如频率、上升时间、脉冲宽度等参数的测量。某些数字示波表还提供快速傅里叶变换（FFT）功能。 通信接口的设置，为与计算机连接提供了方便，利用丰富的上位机软件可以对数字示波表采集的信号进行分析记录、对比参考。

7.探头和附件如何？

特别需要注意的是，当示波表接上探头时，探头就成为电路的一部分了。结果它将造成电阻性、电容性和电感性负载，使数字示波表呈现出与被测对象不同的测量结果。因此，针对不同应用应配备有适当的探针，然后选择其中一种，使负载效应最小，使信号得到最精确的复现。探头使用不当，会造成测试波形失真或模拟带宽减小，细节将在《上路开车——如何玩转数字示波表》中阐述。

二、数字示波表的性能

表1列出了美国福禄克F1xx系列数字示波表的主要参数。下面以图1所示福禄克F190系列产品为例介绍一下数字示波表的性能。

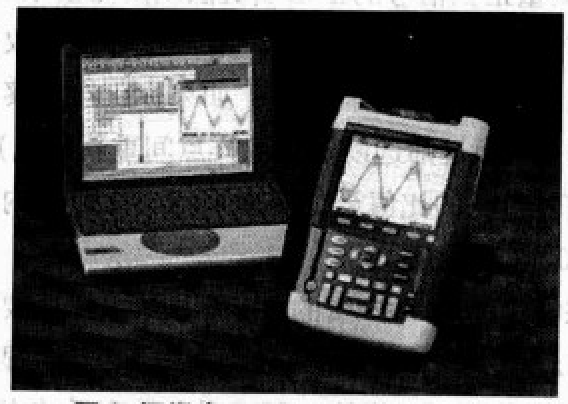


图1 福禄克F190系列数字示波表

F190B和F190C系列数字示波表最大实时采样率每通道达到2.5GS/s，能够以400 ps 的分辨率观察信号。每个输入通道都具有各自的数字化器，所以可以同时以最大的分辨率采集两个波形，并进行分析。如果被测信号是异常的闪变信号，只需按下Replay（回放）按钮，即可再次进行观察。

F190B和F190C系列数字示波表的波形存储器均扩大到了3000个采样点／通道，波形有了更高的分辨率。用户可以使用缩放功能在长的波形中查找很微小的细节，例如视频信号中的色同步信号或复杂数据流中的单个脉冲。该系列所有型号均可以将高分辨率的数据传输到电脑，供随后利用数字示波表软件 FlukeView 进行详细分析。

F190 系列数字示波表具有三组独立的浮地隔离输入。传统的示波器仅能以地为参考进行测量，而F190数字示波表可以将输入作为参考（作为“低”电平）进行测量，这就使得可以在具有不同接地参考的混合电路中进行测量，并且避免了偶然的接地短路所带来的危险。所有输入通道都满足1000V CAT II 和 600V CAT III安全等级要求。标准探头覆盖了从mV到kV范围内的各种应用，使得F190系列数字示波表非常适宜于从微电子到电力的各种应用。

F190系列具有30种自动测量、光标、缩放和实时时钟等功能，可以用于波形的分析、示波记录和趋势绘图记录。可以在现场直接进行分析，也可以回到办公室后再进行分析。可以存储2条记录和10个屏幕，以进行分析、打印输出或下载到电脑。现在，所有型号的F190C彩色数字示波表都包括基于快速傅立叶变换（FFT）的频谱分析功能，这就使得用户识别信号中的个别频率成分成为可能。利用频谱分析功能，还可以揭示振动、信号干扰或串扰的影响。

这里有必要为你简单介绍一下福禄克公司为其系列示波表增加PC功能而开发的软件——FlukeView。其运行界面见图2。

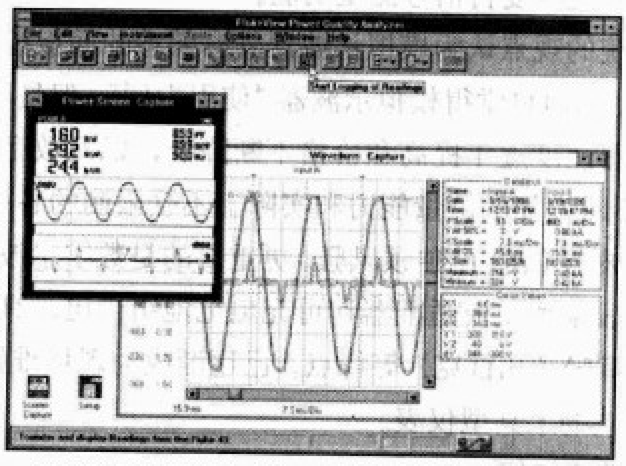


图2 福禄克 FlukeView 示波表软件演示截图

表1 美国福禄克F1xx系列数字示波表的主要参数、产品功能对比、选型一览表

<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th colspan="2">190C 系列示波表</th><th colspan="3">190B 系列示波表</th><th colspan="2">120 系列示波表</th></tr>
<tr><th>Fluke 199C</th><th>Fluke 196C</th><th>Fluke 199B</th><th>Fluke 196B</th><th>Fluke 192B</th><th>Fluke 124</th><th>Fluke 123</th></tr>
<tr><td>价格（元）</td><td>38447</td><td>40498</td><td>34931</td><td>30450</td><td>25627</td><td>16566</td><td>13250</td></tr>
<tr><td>带宽</td><td>200MHz</td><td>100MHz</td><td>200MHz</td><td>100MHz</td><td>60MHz</td><td>40MHz</td><td>20MHz</td></tr>
<tr><td>最大实时采样率</td><td>2.5GS/s</td><td>1.0GS/s</td><td>2.5GS/s</td><td>1.0GS/s</td><td>0.5GS/s</td><td>25MS/s</td><td>25MS/s</td></tr>
<tr><td>最大记录长度（每通道）</td><td colspan="5">1200点（在示波器记录模式下27.5K）</td><td colspan="2">512点（min/max pairs）</td></tr>
<tr><td>输入的数量</td><td colspan="5">2Scope和1DMM（隔离）</td><td colspan="2">2 Scope或 DMM</td></tr>
<tr><td>输入灵敏度</td><td colspan="2">2mV/div.至100 V/div.</td><td colspan="3">5mV/div.至100V/div.</td><td colspan="2">5mV/div.至100V/div.</td></tr>
<tr><td>显示</td><td colspan="2">彩色</td><td colspan="3">单色</td><td colspan="2">单色</td></tr>
<tr><td>余辉</td><td colspan="2">数字，可变延迟时间</td><td colspan="3">开／关</td><td colspan="2">–</td></tr>
<tr><td>外部</td><td colspan="5">–</td><td colspan="2">当有ITP 120选件时</td></tr>
<tr><td>存储设置和屏幕</td><td colspan="5">10</td><td>20</td><td>10</td></tr>
<tr><td>真有效值万用表</td><td colspan="5">5000字电压、电流、欧姆、连续、二极管、温度</td><td colspan="2">–</td></tr>
<tr><td>安全（EN6101-1）</td><td colspan="5">1000V CAT II/600V CAT III</td><td colspan="2">600V CAT III</td></tr>
<tr><td>电池</td><td colspan="5">4小时 Ni-MH</td><td>7小时 NiMH</td><td>5小时 NiCd</td></tr>
<tr><td>电源</td><td colspan="7">适配器／包括电池充电器</td></tr>
<tr><td>PC打印机接口</td><td colspan="7">利用可选的光隔离RS-232适配电缆PM9080</td></tr>
<tr><td>质保</td><td colspan="7">主机3年，标准附件1年</td></tr>
</table>

通过FlukeView示波表软件可以实现以下功能：

归档－将波形、屏幕和测量数据从示波表传输至电脑。进行打印或将数据导入到你的报告。存档－保存和调用具有注释的波形，并创建自己的波形库，使参考和比较波形变得非常

容易。分析－收集具有价值的测量数据，并利用光标测量功能揭示数据间的相互关系和状态。扩展的记录功能可以记录四个用户选定的测量，帮助用户监测和分析满变信号和相关的事件。可以将波形传输到电脑PC，并使用光标进行详细的测量。还包括有谐波分析功能。

FlukeView 示波表软件适用范围及配置要求如下：

- 用于 190 和 120 系列示波表
- Windows 95/98/Me/NT4.0/2000/XP
- 需要一个空闲的 RS-232 端口（COM 口）
- 需要可选的 PM9080 RS-232 适配器／电缆

如果你对此软件感兴趣的话，可以到Fluke网站下载最新的升级版本或 FlukeView 演示版，有英文、法文和德文可选。

从以上分析可见，F190 数字示波表具有 2.5GS/s 采样率，极为丰富的软件处理功能和较强的信号检测能力，适用于测试严格，波形分析要求高的通信、工业测试领域。对于家电维修及电子产品的测试，国产数字示波表是经济实用的。

表 2 列出了常见的国产手持数字示波表的主要参数。

表 3 为视波万用表的参数对比。

选购产品时，价格仅是考虑因素之一，还应该对每个产品细节多一些了解。

表 2 常见的国产手持数字示波表主要参数

功能＼厂家型号	成都五行 WX4451	漳州利利普 HDS1022M	镇江思宇 ZB2201	东莞优利德 UT81	伊万科技 ET521A
采样速率	100MS/s	100MS/s	80MS/s	40MS/s	100MS/s
模拟带宽	20MHz	20MHz	20MHz	8MHz	25MHz
通　道	2	2	2	1	1
LCD 分辨率	320 × 240	320 × 240 彩色	320 × 240	160 × 160	320 × 240
存储图形	6 组	4 组	6 组	10 组	40 组
垂直灵敏度	5mV	5mV	2mV	20mV	5mV
水平分辨率	单次 10ns	5ns	50ns	100ns	50ns
背　光	有	有	有	有	有
电压测量	–	400mV～400V	–	400mV～1000V	600mV～2kV
电流测量	–	40mA～20A	2mA～2A	40mA～10A	60mA～20A
电阻测量	–	400Ω～40MΩ	200Ω～20MΩ	400Ω～40MΩ	600Ω～60MΩ
频率测量	–	–	–	10Hz～10M	10Hz～60MHz
占空比测量	–	–	–	有	有
电容测量	–	100μF	–	100μF	0.1nF～60MF
电感测量	–	–	–	–	1μH～1H
晶振测试	–	–	–	–	有
遥控器检测	–	–	–	–	有
行频高压	–	–	–	–	2kV/20kHz
函数信号发生器	–	–	–	–	10Hz～156kHz
参考价格	2800 元	3800 元	2800 元	1714 元	1825 元

表中内容是通过网页查询的结果，仅供参考。

表 3　伊万视波万用表主要参数

型号／功能	VC300	VC301A	VC302	ET521
数字显示	3 3/4 位	3 1/2 位	3 5/6 位	3 5/6 位
直流电压	300mV～1000V	200mV～2kV	–	600mV～2kV
交流电压	300mV～1000V	200mV～2kV	60V/600V	600mV～2kV
直流电流	3mA～10A	2mA～10A	–	60mA～10A
交流电流	3mA～10A	2mA～10A	20A/600A	60mA～10A
电阻	300Ω～30MΩ	200Ω～20MΩ	–	600Ω～60MΩ
电容	30nF～300μF	20nF～200μF	–	6nF～60MF
电感	–	–	–	有
频率／占空比	10Hz～20kHz	20MHz	2kHz	60MHz
温度	-10℃～120℃	–	–	–
二极管／通断	有	有	–	有
三极管 hfe	有	有	–	有
交流频响	40Hz～2kHz	10Hz～20kHz	40Hz～2kHz	10Hz～50kHz
高速采样	44kS/s	200kS/s	44kS/s	440kS/s
波形调节	手动	自动	手动	自动
真有效值测量	–	有	有	–
相对值测量	有	有	有	有
最大值记录	有	–	有	–
遥控器检测	–	有	–	有
晶振检测	–	有	–	有
数据存储	100 组	100 组	100 组	400 组
LCD 分辨率	128 × 64	128 × 64	128 × 64	320 × 240
附件	温度探头	探棒／分流器	600A 钳头	分流器
其他功能	–	–	kW/kVA/PF	100MS/s
参考价格	398 元	680 元	980 元	1825 元

比如液晶显示的分辨率、供电方式和连续工作的时间；功能组合、抗冲击及电路保护、技术支持和售后服务，还有一条就是产品的软件升级是否免费。所有附件包括探头、表笔质量、包装精细程度和屏幕中文提示、帮助功能、保修时间等。

通过前面的分析和性价比较，如果有经济能力，建议你一步到位，选购一种数字示波表。对于家电维修人员来讲，已经能够满足日常现场检测需要了。如果花钱不多，建议购买一台视波万用表，值得一提的是 VC301A 比以前投放市场的VC301有了明显的改进，采样速率和模拟带宽有了提高，对于家电维修人员，可以直接观测行频(15625Hz)以内的各种波形，起码比用普通万用表检测复杂故障直观了许多。

上路开车
——玩转数字示波表

文/庄 军

在介绍数字示波表与视波万用表应用之前，有必要对其使用及使用中注意事项略加提示。

前面，我只对数字示波表的模拟带宽等指标加以介绍，其实影响测量带宽的因素不仅有数字示波表本身，还有测量方式、数字示波表探头、测试连接线等因素，这些一般不会引起人们的关注。我在使用数字示波表测量中发现，一段同轴电缆可能会使十几兆的高频信号衰减几个dB，造成对数字示波表带宽不合格的误判；一条新的示波器探头，出厂指标已经注明，在1:1衰减时带宽只有15MHz(各厂不同)，也就是说即使数字示波表带宽为20MHz，与探头配合后也会使其带宽降低。因此部分数字示波表说明书标明，在输入1:1时交流带宽只有几兆。只有在10:1输入时，才能符合原设计要求。

再有就是探头使用前，必须对探头本身的补偿进行校正，方法是利用数字示波表自带的校准方波信号，观测显示屏幕所显示出的方波形状，若出现上升沿过冲或欠冲，都需要通过调节探头端口的补偿电容进行校正。

数字示波表测量过程中接地点的选择也十分重要，应该就近连接被测信号旁的接地点，地线连接过长，会对测量带来影响。还有数字示波表的量程和测量模式选择也很重要，如果仅测量交流信号，在输入选择上，选择AC较好，这样就能避开信号中直流成分对交流测量产生的影响；调节垂直衰减使屏幕波形显示在上下4格以内，避免部分量程因内部放大器动态范围不够造成显示出来的波形限幅，导致故障诊断错误。

数字示波表一般设置有常规、视频、单次三种测试模式，见图1。正确选择测量模式才能正确测量和分析被测波形。对于测量重复波形要选择常规模式，通过调节垂直幅度和扫描时基，获得稳定的波形显示。视频模式是用来观测电视复合同步信号的，分为行同步和场同步，受数字示波表带宽限制，再现的波形，只能观测复合信号中的同步脉冲信号。对于单次测量，要预先了解被测波形的范围，提前设置垂直幅度和扫描时间的量程，设置触发电平或触发方式，启动开始按键，自动捕捉瞬态波形。选择错误的测量模式，无法得到稳定的波形再现。

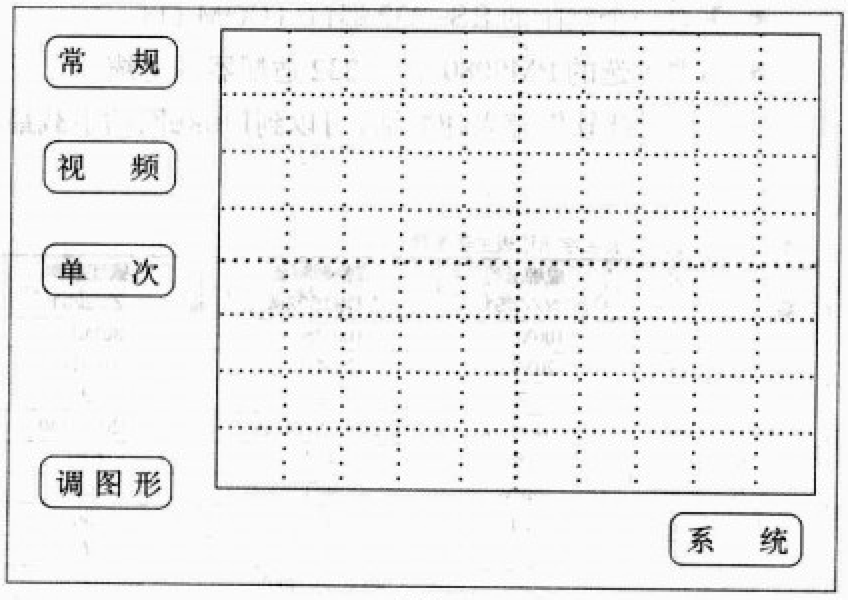


图1

安全使用数字示波表尤为重要，因为数字示波表受体积、结构限制，输入衰减电路没有使用波段开关，常采用电子或机械继电器作为改变衰减电路元件的器件，使数字示波表对输入信号幅值范围受到限制（$30V_{p-p}$）。如果被测信号有高幅值冲击，会致使输入电路元器件损坏。使用中要特别小心处理和核对输入设置、探头衰减位置，对不明信号不要盲目测量。

在维修中彩电行输出电路、微波炉中功率驱动电路往往有几百伏乃至上千伏的高频高压，这时使用数字示波表和一般万用表可能会被击穿损坏。视波万用表此时方显出其优势，可选用2000V量程测量，其内部已经采取高压放电管保护，以应对高压尖脉冲所造成的损害。

一、数字示波表的应用

1.观察波形细节

数字示波表具有较大的存储容量，可以不间断地捕捉一个脉冲串，使用缩放功能在长的波形中查找很微小的细节，例如，视频信号中的色同步信号或复杂数据流中的单个脉冲，见图2。

2.有效值测量

某磁饱和供电器输出有效电压60V、50Hz交流方波，用数字万用表测量读数为67V，判为输出偏高严重，但用数字示波表检测发现，输出波形较好，有效值读数为60.5V，

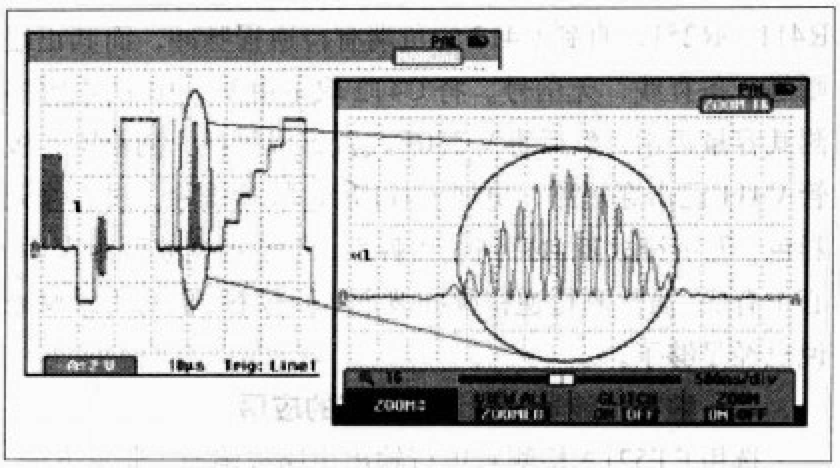


图 2

电源正常。由于一般数字万用表没有真有效值功能，采用交流整流平均换算法，当波形为正弦波时，换算准确，对其他波形，必须根据波形修正。

3.旋转编码器检测

旋转编码器利用两路信号的相位区分左旋、右旋，用数字示波表的两个输入通道分别连接两路信号，转动编码器，单次捕获一组波形与标准波形对比，可检测编码器的每个分度是否正常。也可以通过多路同时测量，检查各路信号的幅值、相位情况，见图 3。

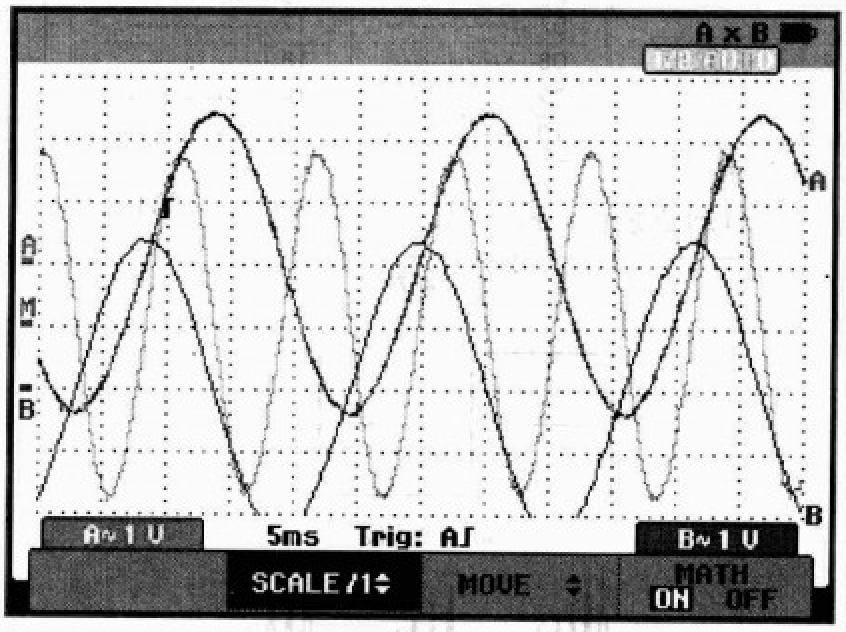


图 3

4.传感器检测

汽车维修中，电子里程表系统的车速信号是以脉冲方波的形式进行传输的，因而电压值非常微弱，如果使用万用表或发光二极管试灯进行检测，很难定性或定量地测量到可靠的信号或电压数值，也就难以判断相关部件工作性能是否正常。若采用数字示波表进行检测，这一问题便迎刃而解，它可以通过波形准确而快捷地推断出故障所发生的区域及元件，见图 4。

5.波形跟踪

在彩电维修中，比较难以判断的故障是有关测试点的

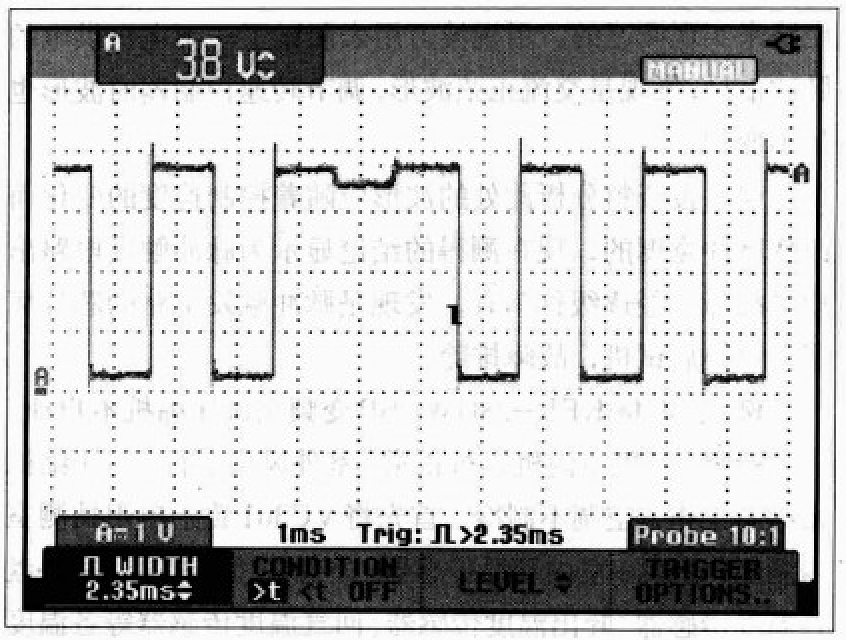


图 4

直流电压并没有发生明显的变化，这时用万用表也难以做出准确的判断，像全电视信号波形，亮度、色度通道以及行场扫描电路波形，开关电源或微处理器电路的波形，都需要采用数字示波表检测波形的变化，从而缩小故障范围，为检测人员提供可靠的判断依据。使许多“软”故障得到快速的处理。对那些元器件变质，电容漏电、干涸，线路板开路等不易查找的故障，通过波形跟踪可使故障判断由难变易，见图 5。

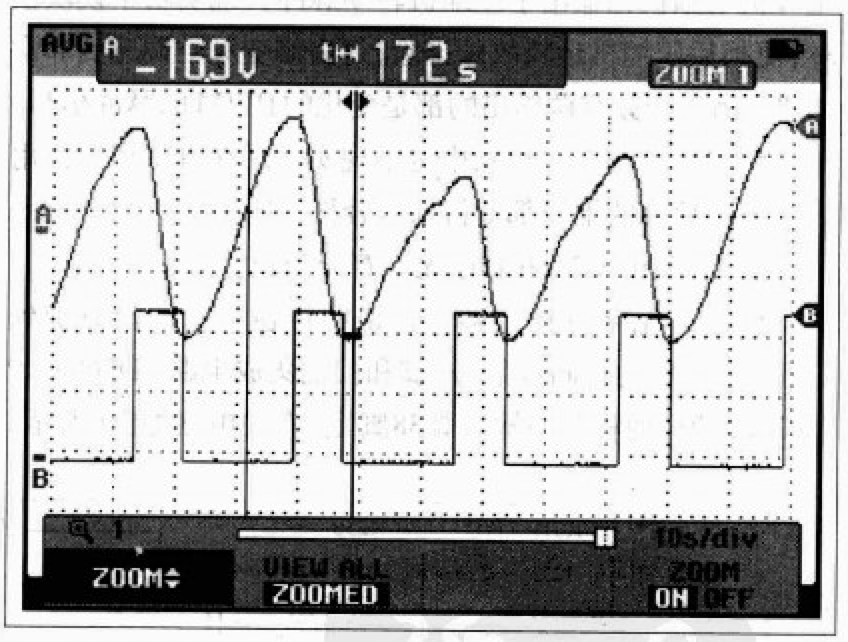


图 5

6.检修实例

例 1：回流焊炉的传送带不转动检修。

(1) 首先用万用表检测电机工作电压，发现供电电压为零，经检测发现是晶闸管坏了；

(2) 经更换相同型号晶闸管上去，再次装好后通电，发现电机的转速非常快，调节转速控制器也没有反应，再检测电机的供电，均是正常的交流 220V；

(3) 经分析此调整控制电路是采用晶闸管脉冲调宽控制

电路来实现调速的。用视波万用表测试了一下电机供电的脉冲信号，发现是交流正弦波形，调节转速控制器时波形也是不变的；

（4）按资料分析此处的波形应随着控制速度的变化而改变脉冲宽度的，现在测得的结论显示为脉冲触发电路出现了故障，经逐级往前查，发现是脉冲触发电路的芯片坏了，更换后试机，故障排除。

例2：海信KFR−28GW/BP变频空调压缩机不启动。

检修：该机室内机运行正常，室外风机运行，但压缩机始终不工作，空调不制冷。首先将VC301置于电阻挡测室内温度传感器、室内管温传感器、室外温度传感器、室外盘管温度传感器、吐出温度传感器、回气温度传感器等各温度传感器均正常。再将VC301改为DC挡，测压缩机功率模块上的P、N两端有300V的直流电压，说明整流电路已给功率模块提供了压缩机的工作电源。造成压缩机不转的原因是：①室外机电脑板没有输出10Hz～120Hz的驱动信号，室外机电脑板损坏。②功率模块的u、v、w三端没有输出交流电压，功率模块损坏。③压缩机故障。然后将VC301置于AC挡，测功率模块的u、v、w三端为0V，说明功率模块没有输出压缩机的工作电压。再将VC301置于波形显示状态，测功率模块的输入端有10Hz～120Hz变化的波形，室外机电脑板已输出了压缩机转动脉冲，说明功率模块损坏，更换后压缩机运转故障排除。过去修变频空调感到非常困难，因为变频空调输出的都是变化的PWM的脉冲信号，用示波器修空调在用户家中也不现实。现在有了视波万用表，此类故障的维修都变得那么轻松、明了。

例3：长虹C2166彩电无字符无彩色。

检修：无字符且无彩色，说明行逆程脉冲没有加到CPU（N003）的行同步信号3脚和扫描集成电路CD7698AP（N201）的行逆程脉冲输入脚38脚上，有关电路如图6所示。

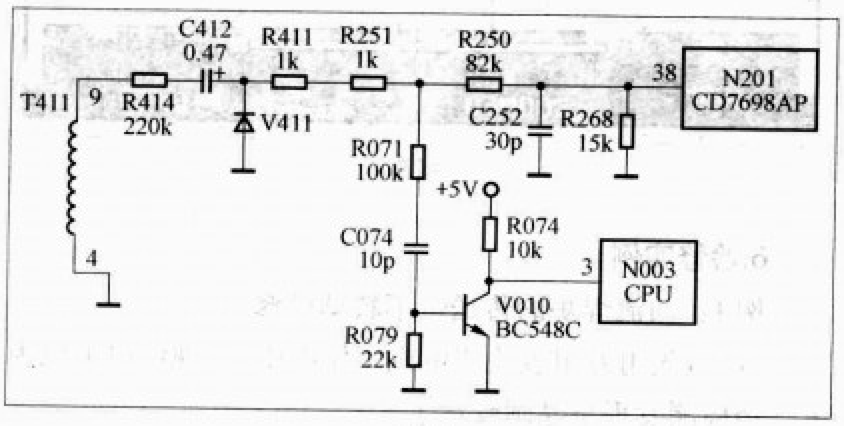


图6

用VC301视波万用表测N003的3脚是一直线，无行脉冲，再测N201的38脚，也是一条直线，说明分析正确。然后，查这两路信号的公共部分，T411的9脚、R414、C412、R411、R251，直到C412的负端有行逆程脉冲，而其正端则是一条直线，无信号。将C412取下用VC301的电容挡测其容量正常，然后将VC301改置二极管挡，测稳压二极管V411已击穿短路，更换V411后，故障排除。过去修无彩色、无字符故障常感到非常棘手，但掌握视波万用表后，心中有底。虽然测行逆程脉冲波形有点模糊，但对于维修来说已经足够了。

二、数字示波表＋视波万用表的应用

选用ET521A检测彩电行输出电路故障时，非常方便。当测量行输出管集电极电压时，该点行逆程脉冲为1000V以上，用数字示波表测量要选择100：1衰减或二支探头串联相接，既不安全，又不可靠；用普通万用表测量结果仅112V。由于ET521A具有在万用表状态下可以观测到波形这一特性，不用转换到示波高频通道，采用万用表表笔直接

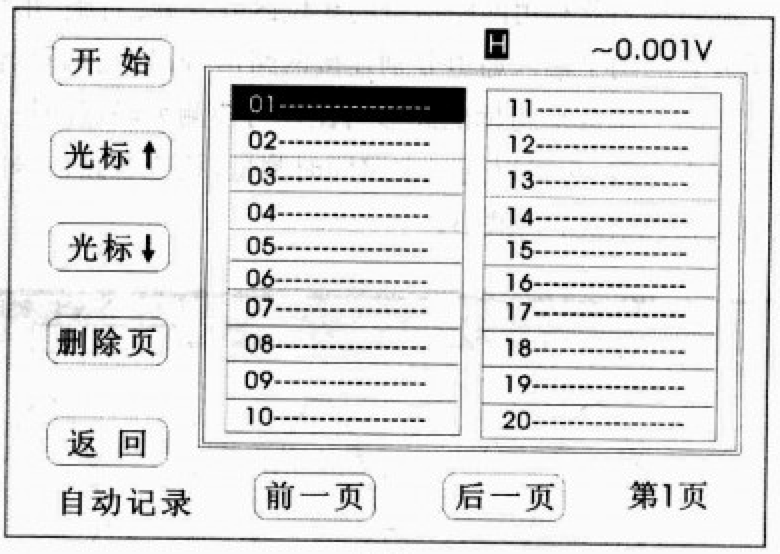
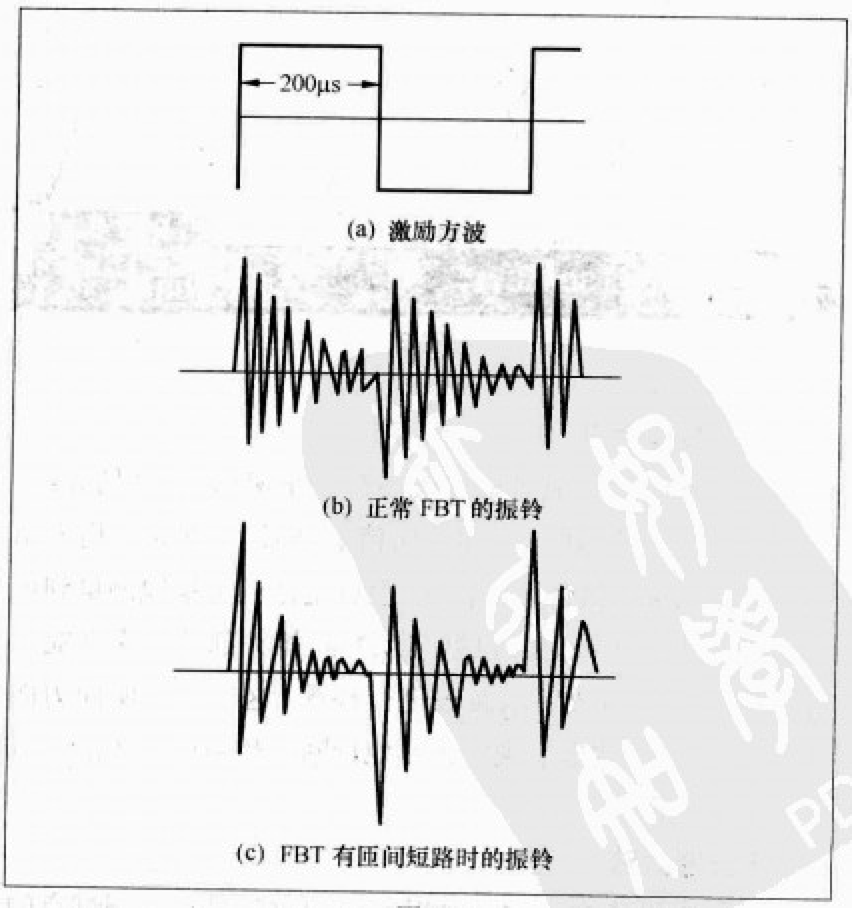


图7



(a) 激励方波

(b) 正常FBT的振铃

(c) FBT有匝间短路时的振铃

图8

家电的待机功耗究竟有多大？

文 / 吴汉清

每个家庭往往有好多电器处于待机状态，消耗的能源是非常可观的。你如果只用遥控器把电视机关掉，电视机面板的下方肯定有个发光的小红点，如果不关闭电源，这个小红点或许永远亮着，以便电视机随时准备好再次接受遥控器的控制，这就是待机状态。消耗电能的大小称待机功耗或待机能耗。

具有待机功耗的电器设备主要有空调、电脑系统（包括电脑主机、显示器、电脑音响、打印机、扫描仪等）、家庭视频与音频系统（包括电视机、DVD、VCD、音响、功放、卫星接收器等）、无绳电话、微波炉、热水器等。

说到这儿，你想不想知道家里这么多的电器在待机状态下到底消耗多少能源呢？本文就告诉你一些常用的测量待机功耗的方法。

说到测量待机功耗，大家可能马上会说：那还不容易，测量一下工作电流，再乘以220V不就出来结果了，那我们就测量一下看看，测得一台21英寸彩电的待机工作电流为45mA，用上面的方法算出来的功率约为10W，实际这台彩电的待机功耗只有1.9W，那问题出在哪儿呢？原来电压乘以电流等于功率是直流电路中的定律，在交流电路中情况不完全是这样，比如你把一只1μF的电容器接在220V电源上，按上述算法计算，功耗有15.4W，可是你摸一下电容器，一点也不发热，说明其没有消耗功率，这时候我们就不能简单地用这种方法计算消耗的功率。在交流电路中电压有效值乘以电流有效值的结果叫视在功率，视在功率由有功功率和无功功率两部分组成，我们平时所说的功率实际上是指有功功率。电容器接在交流电源上的所消耗的功率实际上是无功功率。视在功率S、有功功率P、无功功率Q三者之间的关系为：$S=\sqrt{P^2+Q^2}=UI$，所以有$S \geqslant P$。

交流电路之所以会出现上述情况，是因为其电压和电流的相位并不一定一致，电路中的电容或电感的存在会导致电流相位的变化。只有在负载对外表现为纯电阻的特性时，电流的相位才和电压的相位一致，这时$S=P$，就可以用上述方法测量功率了。

下面就说说测量待机功率常用的方法，不作特殊说明均假设电源稳定在220V。

一、电流法

就是上面所说的方法。电器中的电源有的使用开关电源，有的使用电源变压器，开关电源在其输入端往往有用于滤波的电容器和电感线圈，使用电源变压器的电源，其电源变压器的绕组是电感线圈，因此它们都不能看作是纯电阻

在2000V量程测量，一样可以看到测量结果和被测波形。

用ET521A自动记录功能来检测大规模集成电路的工作状态很简便。先进入自动记录，从被测IC的第一个引脚测量，听到蜂鸣提示声，表笔探针离开测试点，接触被测IC的第二个测试点……以此类推。每次测量都自动保存在列表中，从LCD上直接显示出来。中间需要跳过的测试引脚，通过移动光标来确定。从而避免了每次测量一个IC的引脚都要进行记录，然后又重新去数引脚顺序的麻烦，见图7。

利用本机能够产生10Hz到156kHz正弦波信号，与示波功能组合使用可以迅速检测伴音通道故障。将正弦波信号设置在1000Hz，加到电视机音频放大器的输入端，然后用数字示波表探头连接到音频放大器各级工作点，以观测信号波形是否失真，工作是否正常。来排除声音模糊、无伴音、伴音时有时无等故障原因。

ET521A除数字示波表+视波万用表组合功能外，还能输出周期400μs和200μs的方波信号，用“振铃激励法”来检查行输出变压器等电感元件匝间短路故障，见图8。

在行输出变压器被测绕组端子加入400μs激励方波时，用示波探头检测行管B+与绕组连接端，正常情况，如无短路，则振铃信号在200μs衰减不到零；如有一匝短路，则振铃信号很小，且幅度很快衰减到零，其振铃波形变化特别明显。对于正向锯齿波和反向锯齿波，都可以设置频率点来替代行频与场频振荡，检查和排除振荡器故障。

结语

数字示波表和视波万用表因其功能齐全、携带使用方便、性能稳定可靠，深得电气工程人员和家电维修人员的喜爱。通过本文介绍，你可以根据实际工作需要选择数字示波表或视波万用表，做到“物”尽其用。相信掌握“示（视）波表”，你的维修技术会如虎添翼，助你生意事业蒸蒸日上。

图1

的负载，用测量电流所计算的结果肯定要比实际功耗要大，测量结果只能作估算的依据。

普通的指针式万用表多没有交流电流挡，少量有的也往往只能测量比较大的电流，测不到待机状态下的小交流电流值，因此最好使用数字万用表或数字式钳形电流表进行测量，并且要尽量使用小的量程，这样可以提高测量精度。

用数字万用表测量电流时要断开电路串入进行测量，用钳形电流表就相对方便多了，如图1所示只要夹入一根导线就行了。如果电源线的两根电源是合在一起的，无法直接分离出一根，可先用能分离的导线做一个接线板，再将用电器接在接线板上就可以测量了。

二、电度表法

我们每个家庭的用电量都是用电度表计量的，我们能不能找一块电度表来测量某一个家用电器的待机功耗呢？答案是可以的。

电度表分感应式电度表和电子式电度表。通过观察电度表就能知道你现在用电功率大不大，如果是感应式电度表，它的铝盘转得越快，说明你的用电功率越大；如果是电子式电度表则用电功率大小对应于发光二极管发光的间隔长短，间隔越短，说明你的用电功率越大。下面分别说明。

1.用感应式电度表测量

感应式电度表见图2，它是利用电压和电流线圈在铝盘上产生的涡流与交变磁通相互作用产生电磁力，使铝盘转动，同时通过磁铁引入制动力矩，使铝盘转速与负载功率成正比，通过轴向齿轮传动，由计度器积算出转盘转数而测定出电能。但是你千万不要试图通过观察计度器的读数来测待机功率，因为如果这样的话，你等的时间会很长，比如待机功率为5W，则200个小时用1度电，即使计度器上跳0.1度也要20小时，你虽然可以根据走的字和所用的时间计算出功率，但我想你不会愿意等那么长时间的。

图2 感应式电度表

这种方法不行我们可以换一种方式，你会发现铝盘转一周的时间比计度器跳动要少得多，如果再选一个工作电流（专业术语称参比电流）小的电度表铝盘会转得更快。比如我们可以选一个2.5(10)A的电度表，2.5A表示参比电流，10A是最大工作电流。参比电流小还有一个好处，就是表的起动电流也小，这样才能用来测量小的待机功率，如果用一个参比电流大的电度表来测量小的待机功率，铝盘转不动，测量就比较困难了。

感应式电度表上还有一个参数——每千瓦时转数，即每使用1度电铝盘转动的圈数。使用时选用转数多的在同样负载功率下铝盘转一圈所需要的时间就短，比如一只2500转/kW·h的电度表，就是用1度电铝盘要转2500转，如果测量出铝盘转一圈所需要的时间就可以计算出负载的功率。可根据下列公式进行计算：

P=3600 × 1000 ÷(电度表每千瓦时铝盘转数 × 铝盘转一圈的秒数)（W）

例如使用2500转/kW·h的电度表，测得铝盘转一圈的时间为106s，则有：

$P=3600 \times 1000 \div (2500 \times 106) \approx 13.6(\mathrm{W})$

电度表的接线图见图3。

图3

测量时电度表必须垂直放置，以保证铝盘正常转动和测量精度。

2.用电子式电度表测量

电子式电度表见图4，它用一块电路板取代了感应式电度表中的电压线圈、电流线圈和铝盘。由分压器完成电压取样，由锰铜片组成的取样电阻完成电流取样，取样后的电压电流信号由乘法器转换为功率信号，经V/T变换后，用步进电机推动计度器工作。

电路板输出两种脉冲信号，一种用于驱动步进电机，另一种用于驱动发光二极管，同时通过光电耦合器输出供测试用。两个脉冲的频率比一般为1∶16，因为步进电机的驱动脉冲用两个输出端轮流驱动，所以如果仔细观察的话你会发现发光二极管每亮8次步进电机就要转动一下（可以听到响声），由于发光二极管的间隔时间更短，因此我们可以

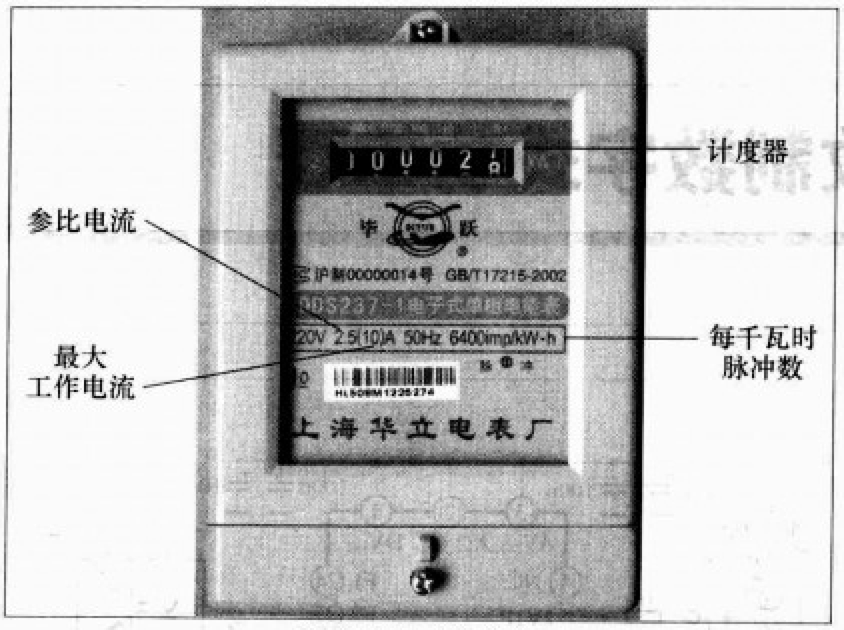


图4 电子式电度表

图5

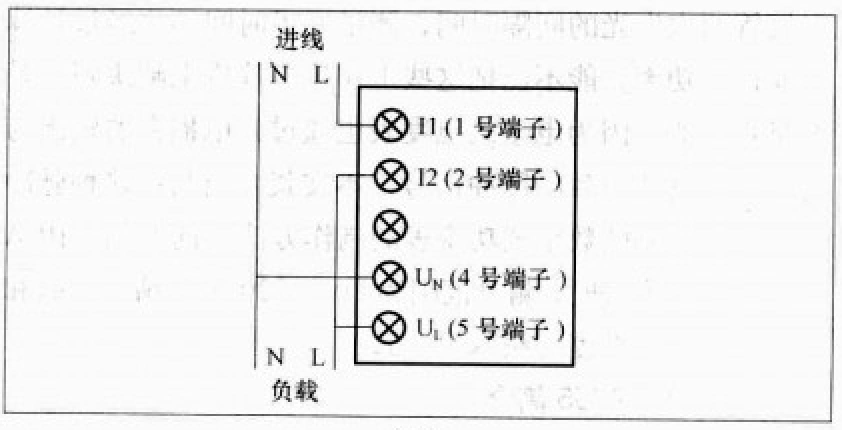


图6

选用发光二极管的输出信号来测量待机功耗。

我选用了一个2.5(10)A的电子式电度表，这种电度表电气市场的价格在20元以内。表的面板上在发光二极管的上方有一个参数：6400imp/kW·h，表示用1度电发光二极管要亮6400次，即有6400个驱动脉冲。测一下发光二极管点亮的脉冲周期，你就可以利用下列公式计算出负载功率：

P=3600 × 1000 ÷（发光二极管脉冲周期（s）×电度表每千瓦时输出驱动发光二极管的脉冲数）(W)

例如对于6400imp/kW·h的电度表，测得驱动发光二极管点亮的脉冲周期为125s，则有P=3600 × 1000 ÷（125 × 6400）=4.5(W)。

对于感应式电度表起动电流一般不大于0.5%I_b，对于电子式电度表起动电流一般不大于0.4%I_b，I_b为电度表的参比电流，例如2.5(10)A的电子式电度表的起动电流不大于10mA。

当待机功率过小时电度表往往不能起动，感应式电度表这一问题更加明显，这时可以并联一只10W的白炽灯一起测量，先打开用电器使其处于待机状态，设测得功率为$P1$，关掉用电器测得灯泡的功率为$P2$，则用电器的待机功率为$P=P1-P2$。

三、功率表法

用电度表测量负载功率时你可能会感到比较吃力，不但要集中注意力计时，而且还要进行计算，操作起来不是太方便，精度也不高。要更方便、更精确地测量待机功率，就只有使用功率表了。

功率表有指针式功率表和数字式功率表两种，下面说明用数字式功率表测量待机功率的方法。

选用HB404型数字式功率表，四位显示，测量精度0.5级，外形见图5。

HB404型数字式功率表测量的接线图见图6，其输入电流可设置为0.1A、1A、2.5A和5A，用来测量待机功率时最好将输入电流设置在0.1A或1A，这样可提高测量精度。

用上述各种方法测量几种用电器待机功率的结果见附表。

附表

品名 \ 测试方法 / 测试用表	电流法 视在功率 单位（VA）	电度表法 单位(W)		功率表法 单位(W)
		感应式	电子式	数字式
	钳形电流表 DT3266E	3(6)A DD10	华立 2.5(10)A DDS237-1	HB404
三元21英寸彩电54SYC-3B	8.58	1.63	1.86	1.829
夏普32英寸液晶彩电LCD-32AK7	7.7	–	–	0.502
联想电脑主机	9.24	3.19	3.42	3.291
17英寸显示器	7.48	3.44	3.77	3.515
三菱壁挂式空调KFR-35GW/D(LZD)	5.06	1.71	2.01	1.937
无绳电话	3.3	2.38	2.64	2.403

关于上述测量结果的几点说明：

1.从测量结果可以看出待机的视在功率明显大于待机功率，只有适配器电源使用普通电源变压器的无绳电话相对说来还稍微接近一点，因此电流法不适宜用来测量待机功率。

2.感应式电度表在测量上述几种电器的待机功率时不能启动，测量时并联了一只10W的灯泡，再用求差的方式计算出待机功率；电子式电度表采用了直接测量的方式。

3.夏普32英寸液晶彩电是近期的产品，待机功率较小，用电度表测量比较困难，故没有用这种方法测量。

4.测量时没有使用交流稳压电源，没有考虑电源电压变化对测量结果的影响。

用电子式电度表改制数字式功率表

文 / 吴汉清

前面在用电子式电度表测量待机功率的时候，大家感到不是太方便，要用眼睛盯住发光二极管，用秒表测量发光二极管两次发光的间隔时间，测量好了时间还要经过计算才能得到功率。能不能把这些工作让单片机来解决呢？答案是肯定的，因为电子式电度表也通过光电耦合器输出与发光二极管相一致的脉冲信号，本文就介绍利用这种脉冲信号测量功率的数字式功率表的制作方法。选用 2.5(10)A 的电子式电度表时，测量范围为1W～2200W，精度等级和选用的电度表精度等级基本一致。

一、ADE7755 简介

单相电子式电度表常用的IC 芯片有ADE7755、AD7755、CSE7755、ATT7021、BL6503A 等，本文以 ADE7755 为例进行介绍。

ADE7755的内部框图见图1，引脚图见图2。它是用于电能计量的高精度、高性能集成电路，并且可以直接驱动步进电机。

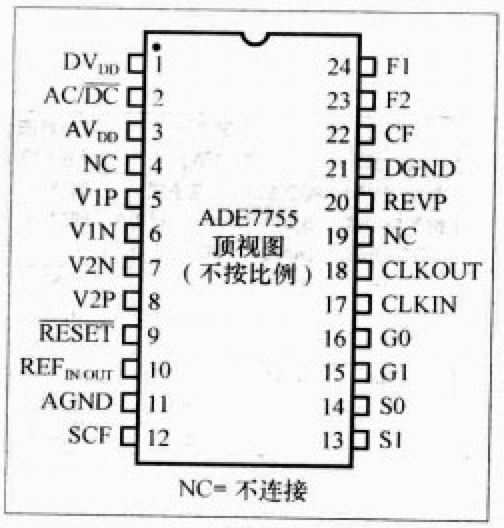


图2

平均有功功率由电流、电压乘积后经低通滤波得到，再经电压－频率转换，引脚 F1 和 F2 以较低频率形式输出有功功率平均值，能直接驱动步进电机，带动计度器计数。引脚 CF 以较高频率形式输出有功功率瞬时值，用于仪表校验，本文就是利用 CF 输出的脉冲信号测量负载功率。

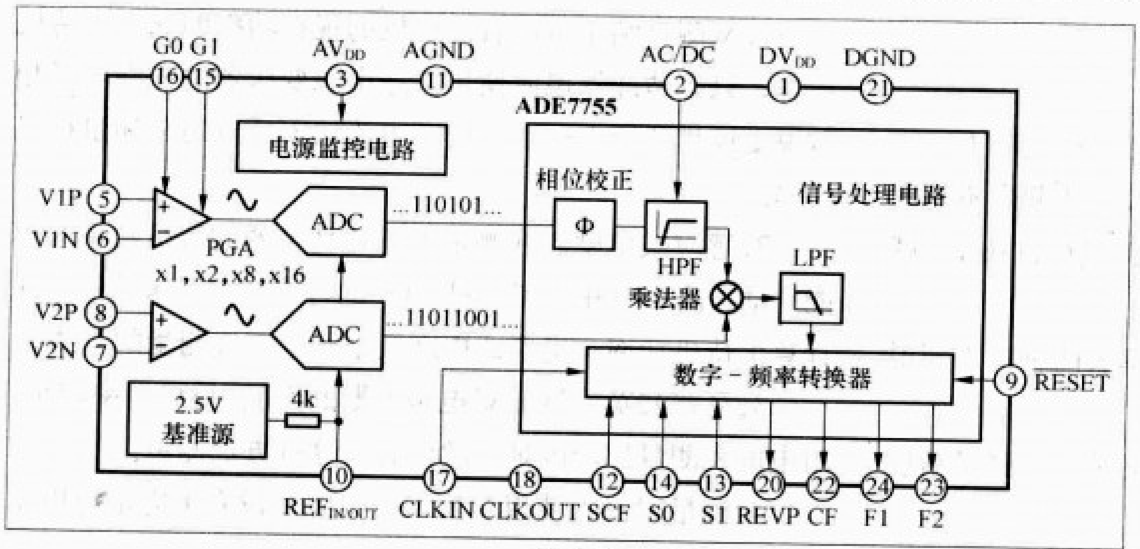


图 1

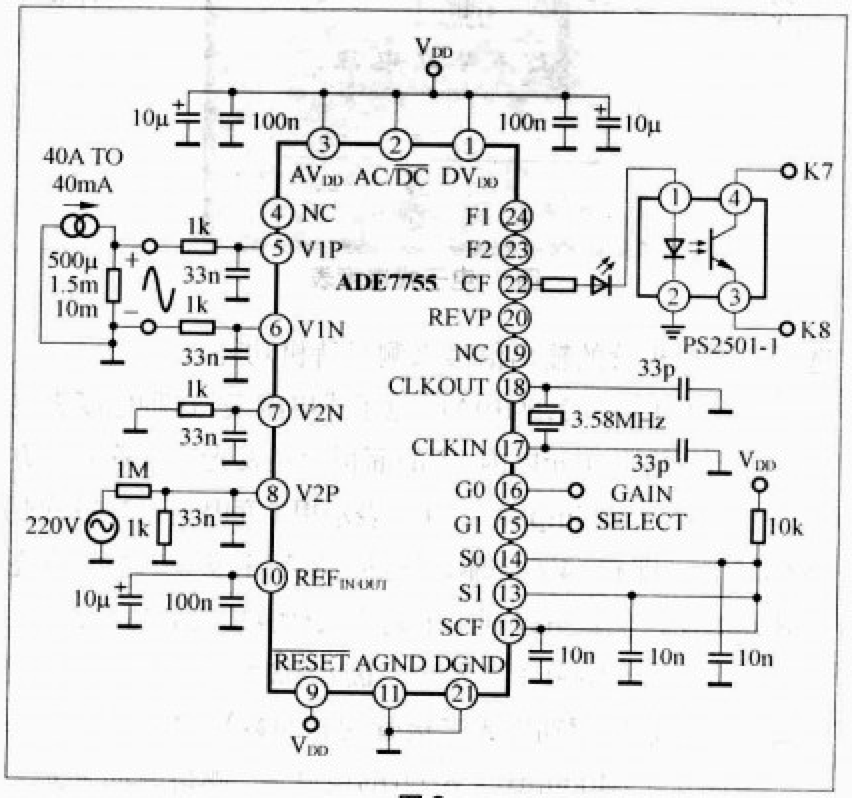


图3

ADE7755只在 ADC 和基准源中使用模拟电路，所有其他信号处理（如相乘和滤波）都使用数字电路，这使 ADE7755 在恶劣的环境条件下仍能保持极高的准确度和长期稳定性。

CF输出信号的频率与F1和F2输出信号的频率的倍数由SCF、S1、S0电平决定，倍数有16、32、64、128和2048。倍数与SCF、S1、S0的取值的关系见附表。

ADE7755的性能测试电路见图3。其中V1P、V1N为电流传感器的模拟输入端，V2P、V2N为电压传感器的模拟输入端。图中SCF=1、S1=1、S0=1，所以CF的输出频率是F1和F2的16倍。

附表

SCF	S1	S0	CF/F1、F2
1	0	0	128
0	0	0	64
1	0	1	64
0	0	1	32
1	1	0	32
0	1	0	16
1	1	1	16
0	1	1	2048

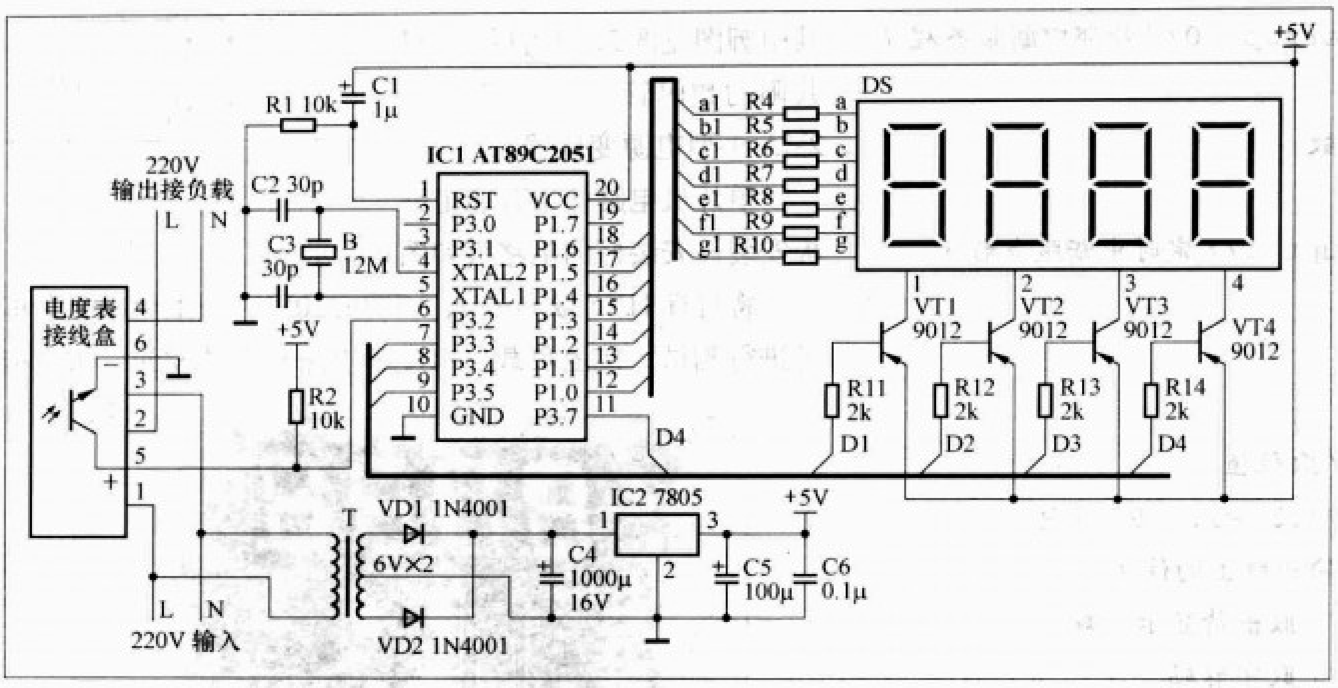


图4

二、硬件电路

要把电子式电度表改装成功率表，必须加单片机组成的数字显示电路，电度表只是当一个传感器来使用。功率表的电路见图4。

用电子式电度表改制功率表有两种方式：一种方式是不需要对电度表作任何改动，对电度表内集成电路的型号也没有要求，这种方式是测量输出脉冲信号的周期，然后计算出功率并显示；另一种方式是对内部电路稍作改动，提高输出脉冲的频率，对输出脉冲进行计数，然后计算出功率并显示，这种方式对集成电路有要求，必须是使用24脚的集成电路才能改，如ADE7755、AD7755等，只有这些集成电路的CF输出信号的频率与F1和F2输出信号的频率才可以达到2048倍，对于CSE7755等16脚的集成电路相应的倍数只有16和64两种。

第一种方式制作比较简单，但刷新一次数据必须等一个脉冲周期，而脉冲周期在负载功率较小时时间较长，要得到测试数据至少要等一个周期，例如在电度表脉冲参数为6400imp/kW·h时，如果待测的功率为1W要等562.5s，功率为10W时要等56.25s，负载功率越大测量时间越短。

第二种方式将CF的输出频率与F1和F2的输出频率倍数改为2048倍，只要数秒就能刷新一次数据。笔者使用的电度表电路板用的芯片是ADE7755，其12脚（SCF）接地，13脚（S1）接电源正，14脚（S0）接地，对应CF的输出频率是F1和F2的16倍，改动时只要将14脚（S0）接地改为接电源正，方法是将14脚接地的铜箔割断，将13和14脚连焊在一起即可。

本文主要介绍第二种方式改制的功率表，第一种方式的硬件电路完全相同，读者只要自己编写相应的程序即可。

电路的工作原理是这样的：当电度表的发光二极管点亮时，和它串联的光电耦合器也输出脉冲信号，对应的光电管导通，单片机AT89C2051的P3.2脚(INT0)输入一个负脉冲，计一个数，统计在固定时间内的脉冲数就可以计算出负载功率。

三、软件设计

程序使用C语言编写，使用外部中断进行脉冲的计数，定时器T0作计时器用，采用定时中断的工作方式，定时时间为5ms。数码显示采用动态扫描，5ms既作为动态扫描显示一位数的时间，也作为输入脉冲计数闸门时间的计时单位。

程序的关键是闸门时间的计算，下面以脉冲参数为6400imp/kW·h的电度表为例说明，当频率倍数由16倍改为2048倍后，脉冲参数变为：(6400/16)×2048=819200(imp/kW·h)，以负载1000W为例，每秒钟输出的脉冲数为819200/3600≈227.6，要显示1000，闸门时间为1000/227.6≈4.39（s），因为定时器0中断定时时间为5ms，所以中断次数为4.39/0.005=878，定时中断878次取一次输入脉冲的个数即能显示负载功率。

程序源代码如下：

```
#include <reg51.h>
unsigned char i,j,t,DelayTime,DispBuf[4];
unsigned int n,m,gl;
unsigned char code
BitTab[4]={0xf7,0xef,0xdf,0x7f};//位驱动码
unsigned char code
DispTab[10]={0x81,0xcf,0x92,0x86,0xcc,
0xa4,0xa0,0x8f,0x80,0x84};// 字形码
main()              // 主程序
{
  TMOD=0x01;// 定时器T0工作于方式1
  TH0=0xec;
  TL0=0x78; //T0定时时间为5ms
  IE=0x83;  // 开中断
  IT0=1;    // 外部中断0为边沿触发方式
  TR0=1;    // 开定时器T0
  while(1); // 无限循环
}
```

```
external0() interrupt 0//外部中断服务程序
{
  gl++; //脉冲计数
}
Timer0() interrupt 1//定时中断服务程序
{
  TH0=0xec;
  TL0=0x78;
  t=BitTab[j];//取位值
  P3=P3|0xb8;//P3.3-P3.5,P3.7送1
  P3=P3&t;    //输出取出的位值
  t=DispBuf[j];//取出待显示的数
  t=DispTab[t];//取字形码
  P1=t; //字型码由P1输出显示
  j++;  //j作为数码管的计数器,取值0-3
  if(j==4)
  j=0;
  n++;
  if(n==878) //每4.39秒取数显示
  {
      n=0;  //n 清零
      m=gl; //取脉冲数
      gl=0;  //gl清零
     DispBuf[3]=m%10;//取个位数
      m=m/10;
      DispBuf[2]=m%10;//取十位数
      m=m/10;
      DispBuf[1]=m%10;//取百位数
      DispBuf[0]=m/10;//取千位数
  }
}
```

完整的程序和编译好的目标文件见本期配刊光盘。

当选用其他脉冲参数的电度表时，上述程序中的变量n只要作相应的改变即可，即只要改变语句if(n==878)，例如对于脉冲参数为12800imp/kW·h的电度表，语句改为if(n==439)。

四、安装与使用

按照本文所述的方法制作功率表所选用的电子式电度表必须使用24脚的ADE7755、AD7755等集成电路的，也可以选用单独的电路板，笔者就是用在网上买的一块电路板做的。因为电度表中的电路板或单独的电路板都调校好了，所以自己不用再调校了。

DS选用4位一体的共阳数码管，型号为LG5641BH，其引脚图见图5，也可以用4只共阳的数码管。T用1VA～2VA小型电源变压器。

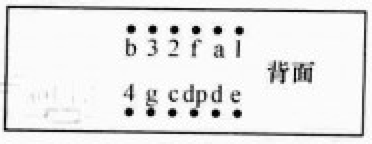


图5

单片机电路使用万能电路板安装，安装好的电路板如图6所示。

将目标HEX文件写入AT89C2051，插上电路板后即可进行测试，接上负载后电度表电路板上的发光二极管应该闪烁，数码显示测出的功率数，如果在接上大于1W的负载后数码管仍然显示0，可能是光电耦合器的输出端接反了，可对调一下试试。

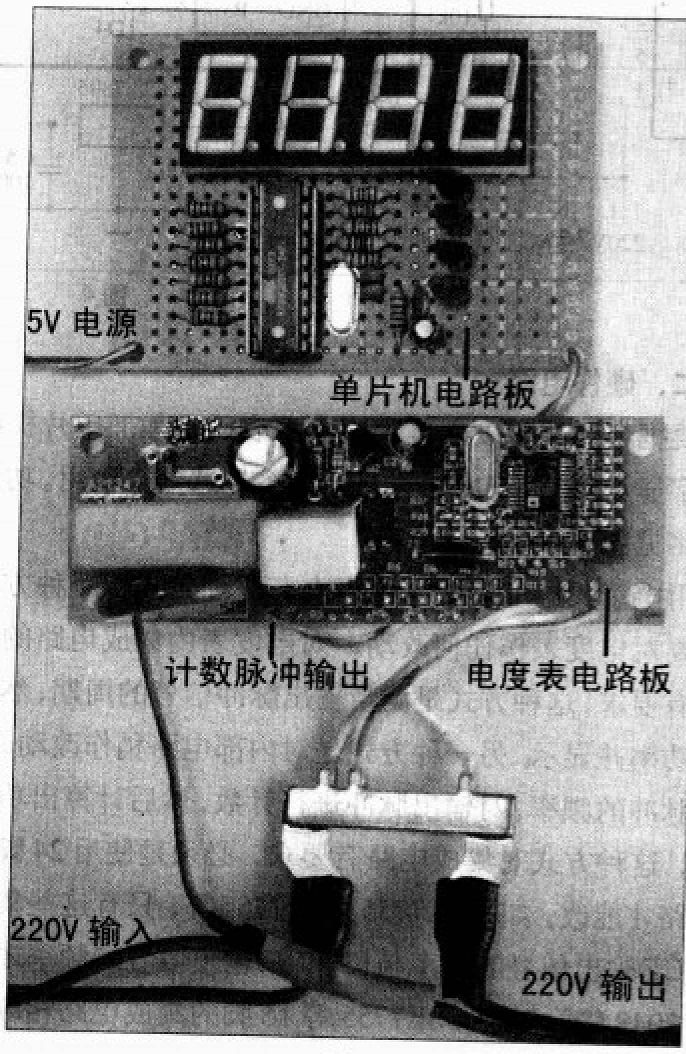


图6

用一个60W灯泡作负载，看看数码管读数度是不是在60左右。如果手头有精度较高的功率表，可用来校准，用两只功率表分别测试同一负载的功率，当发现制作的功率表与精度高的功率表有误差时不用调电度表电路板，只要按误差的大小相应改变程序中的参数n，程序编译后重新写入AT89C2051进行测试。

这个功率表用来测量待机功耗略有不足，只能显示到个位，而待机功耗往往只有数瓦，精度就不够了，要解决这一问题可以将计数闸门时间扩大10倍，即取43.9s，即将语句if(n==878)改为if(n==8780)。这样做以后可以精确到小数点后面1位，即读数要除以10，缺点是等待结果的时间要长得多了。

无线供电的现实离我们有多远?

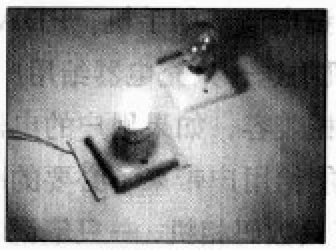
文/姜立中

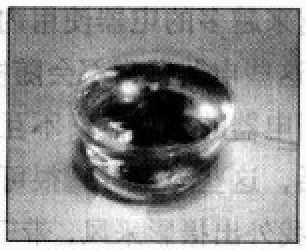
编者按: 用无线方式输送电力，这种想法从19世纪上半叶电磁感应现象被发现之后就已经有了，近年来国内外许多研究机构和公司，如美国麻省理工学院、Powercast（电客）公司等相继研发出了短距离和微距的无线供电技术和产品，它们有着非常广阔的应用前景。

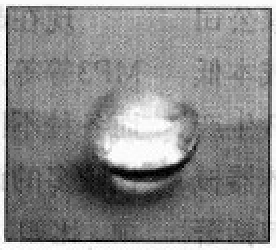
2008年2月15日，一种无需插头与电源线且不直接接触电源就能充电的新型混合动力汽车已在日本投入试运行，用于东京羽田机场航站楼之间的旅客运输。该汽车利用电磁感应原理及电能变换等技术以无线方式实现充电，只需停在设置在路面的电源线圈的正上方就能给车内的锂离子电池快速充电。该车最高时速为80km/h，如果仅使用电力运行，充电一次可行驶约15km。

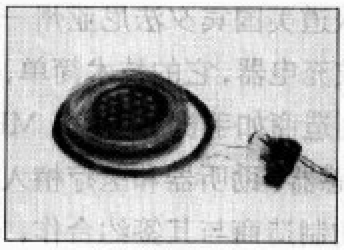
本刊分别于2007年第6期和第12期刊登文章介绍了无线供电的应用电路，并举行了两次无线供电芯片的样片赠送活动，引起读者很大的兴趣，本期配刊光盘中有无线供电视频演示。2007年全国大学生电子设计竞赛本科组的B题《无线识别装置》的发挥部分也用到了无线供电技术。本期的《自制无线充电器》一文就是西北工业大学的魏坤等同学在竞赛作品的基础上改进后的新作。

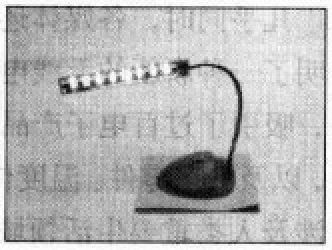
无线供电离我们的生活已越来越近，如果你是一个喜欢探索未知事物的无线电爱好者，就跟随本期文章动手体会一下无线充电实验的乐趣吧!


无线电灯


无线供电的金鱼缸


无线供电的水中照明灯


无线供电的音响


无线供电的台灯

无线电，这个名词，从小给我的印象就是现在称之为电子管收音机的东西，开始我百思不得其解，无线的电？为什么收音机后面还拖一根电源线？没这根线收音机就不响。后来才知道，无线电是远距离传递信号的电磁波，无线电是指在自由空间（包括空气和真空）传播的电磁波，无线电技术是通过无线电波传播信号的技术，现在，大量的无线电技术应用在无线电广播、电视，各种移动通信以及无线数据网中。

既然电磁波不需要介质也能向外传递能量，那为什么我们现在输送能量还要靠管道和金属导线？当然，除了经济原因还有技术原因，虽然借助微波人们可用定向性好的天线较远地输送电力，但电磁波传递能量效率低、辐射大，离实用还有距离，所以远距离靠电磁波传递能量目前还不现实。但是，近距离传递能量还是容易做到的。

平时最常见的例子是，我们上公交汽车，掏出一张IC卡，在公交汽车门口某处晃动一下，听见“嘀”一声，表示交费成功，这种非接触式IC卡又称射频卡，由IC芯片、感应天线组成，封装在一个标准的PVC卡片内，芯片及天线无任何外露部分。非接触型IC卡本身无电源，当读写器对卡进行读写操作时，读写器发出的信号由两部分叠加组成：一部分是电源信号，该信号由卡接收后，与其本身的电路产生谐振，产生一定能量来供给芯片工作。另一部分则是结合数据信号，指挥芯片完成数据、修改、存储等，并返回给读写器。这种设备已经广泛应用于城市一卡通、智能水表、食堂餐饮、门禁、考勤、会议签到、高速公路交费、加油站、停车场、公交等场合。

但是，这离传递可观能量的要求还很遥远。

无线传输能量的想法在有大量市场需求的推动下，延

图1 麻省理工学院的研究人员发明的“WiTricity”技术

迟了一个世纪的研究又蓬勃地开展了。请看全球媒体的报道：

就在2007年春天，在无线电力传输领域发生了革命。美国麻省理工学院（MIT）研究小组试制的无线电力传输装置，利用电磁共振器，向约2m以外的60W灯泡供电，成功点亮了灯泡，见图1。这一消息在《科学（Science）》网络版——《科学快讯（ScienceExpress）》上一经刊登，欧美各大新闻媒体即表现出浓厚的兴趣，“GoodbyeWires”、“WirelessPower Transfer”的标题在全球媒体随处可见。MIT研究小组把这一技术概念命名为“Witricity”。

几乎同时，各媒体还报道美国宾夕法尼亚州一家公司发明了一种崭新的无线电波充电器，它的技术简单，成本低廉，吸引了过百电子产品制造商如手机制造商、MP3生产商，以及汽车零件、温度传感器、助听器和医疗植入体器械等涉及人类重要生活领域的制造商与其签约合作，包括著名电子公司飞利浦。

据报道，无线充电系统由Powercast（电客）公司开发，并声称整个系统绝不比一部收音机复杂，而且造价低廉，基本接收装置成本只需5美元。具体装置只需一个安装在墙身插头的发送器，利用900MHz频段，以及可以安装在任何低电压产品的“蚊型”接收器，它会把无线电波转化成直流电，可在约1米范围内为不同电子装置的电池充电。飞利浦已与电客公司签约合作，两家公司首件合作产品——无线LED光棒于2007年内推出，2008年会主打计算机外围产品，包括无线键盘和鼠标。

图2 无线供电的圣诞树

2007年底利用Powercast（电客）技术生产的圣诞树已商品化，圣诞树上闪闪发光的发光二极管就是无线供电的，见图2。

针对无线充电系统前景，Innosight咨询公司的顾问亚历克斯·斯罗斯比（AlexSlawsby）说，“每个人都会本能地想剪断绳索的束缚，”“想想去年全球市场销售的十几亿部手机吧，你就会明白‘电客’技术的前景无可限量。”

麻省理工学院、Powercast（电客）等在欧美的数米距离电力传输技术受到了关注，同时，另一项“使电源线消失”的技术也在稳步发展，那就是“非接触充电技术”。利用该技术，只需把手机放到专用台上，就可以进行充电。设想该技术可以应用于突出防水性能的手机，以及同时对手机、无线耳机等多种便携产品进行充电。不仅手机，为了把该技术应用于数码相机等其他便携产品，相关的开发也在进行当中。

非接触充电技术基于线圈的电磁感应，目前已经由电动牙刷、家用无绳电话、PHS（小灵通）所采用。然而迄今为止，由于电力传输效率低，应用范围还没有涉及到需要大电力的手机。而且在安全方面也存在效率低导致发热量大的问题。现在，在日本的部件厂商之间，对于电力传输效率较高的线圈、非接触充电系统的开发日趋活跃。防止错误充电的ID认证方法及在充电的同时进行高速数据传输的方法成为了关注的焦点。

现在越来越多的电器使用内置电池，如手机、PDA、MP3等等。这些电器通常都会随机附送一只充电器给用户。而各种不同电器的充电器又不互相兼容，如果用户的电器比较多的话，这些充电器就很可能给用户带来不必要的麻烦，比如，我外出摄影采风，带三只数码相机，一只笔记本电脑，数码伴侣，手机，PDA，MP3和MP4。这些数码电器都各自有专用充电器，光充电器就要带一大堆，晚上各种电器要在自带的电源接线板上轮流充电，如果能将这些数码电器放在通用的充电板上各自无线充电那该有多好啊，这样的充电板已经出现。

以下介绍几种无线充电系统：

1. 据说已经商用了的Splashpower就是一种无线充电的解决方案。这种无线充电技术有相当多的方便之处：它可以在一张鼠标垫大小的板上给你的PDA、手机等电器充电，

图3 SplashPad充电板和SplashModule电力接收器

板与电器之间没有物理连线，电力是用无线方式传递到电器里，所有的电器都可以在同一块充电板上同时充电。

无线充电设备主要由两个部分组成：SplashPad充电板和SplashModule电力接收器，见图3。

充电板是一个移动设备通用的充电平台，电力来源可以是通用电源如汽车电源、飞机上的电源和普通电源。因此充电板可以安装在家里、汽车里和飞机上。

市面上主流的PDA、手机都有按其形状、大小、耗电功率制造的SplashModule电力接收器，用户可以直接安装接收器到电器上，配合充电板使用。

详细情况可登录网站www.splashpower.com。

2．香港城市大学网站上提到的“无线电池充电平台”（Universal Wireless Charging Platform）能同时为多种电子装备：如手机、MP3和PDA充电，他们预计将来的电子产品将无需预留充电插孔，“无线电池充电平台”可为不同电子产品提供共同的充电平台，还可催生新一代防水电子产品，如图4、图5所示。

3．微软亚洲研究院推出的无线供电桌面，能给约50W的笔记本电脑无线供电和充电。

他们指出，数据的传输越来越广泛地采用无线的方式，

图4　无线电池充电平台（Universal Wireless Charging Platform）

图5　一站式平台同时给多个电子产品充电

比如Wi-Fi、Bluetooth、UWB等。但电能的传输基本上还没有摆脱线的束缚，一般是采用直接电接触的有线传输方式。

他们设计了一种通用的无线供电桌面(Universal Wireless Power Surface)，只需将笔记本、手机、PDA等移动设备随意放置在桌面上，便会自动地开始充电或供电。在桌面和移动设备之间不需要电源线的连接，电能以无线的方式从供电桌面传给移动设备。

设想在未来，家里、会议室、咖啡厅、汽车、机场里等等都有这种无线供电的桌面，人们不再需要携带各种充电器或电源适配器，不再需要频繁地插拔，只需要把手机、笔记本等移动设备随意放在桌面上就可以自动地充电或供电了，不用再担心电源的问题。

电能的无线传输是根据电磁感应原理工作的。供电桌面内的发射线圈和负载设备内的接收线圈构成了一个可分离的耦合变压器，通过电磁感应，供电桌面端电源输出的能量以非接触的方式传送到负载设备，负载设备内嵌有转换模块将交流电转换成负载设备所需要的直流电。供电桌面由很多小线圈组成，构成了一个供电线圈矩阵，其中每个线圈都有独立的开关控制是否导通。供电桌面只对负载设备下面的一小块区域线圈供电，其他没有负载的区域不会发射电能。当桌面上没有负载设备时，整个供电线圈矩阵的每个线圈都是被关断的。这样不仅增加了系统的效率，而且降低了电磁辐射。

如何检测出桌面上是否放置了负载设备，并能判断出负载设备放在什么位置呢？他们提出了射频识别RFID（Radio Frequency Identification）定位技术。

负载设备的定位具有一定的精度，保证了设备随意放置在桌面上，均能检测到其位置，提高了使用的方便性。

对于电磁辐射问题，他们采取了多种安全保护措施。首先，没有负载设备的地方不会向外辐射强电磁场，供电桌面只对负载设备下面的一小块区域线圈供电，当负载设备被移走时，原来在其下面的线圈会停止供电。为了屏蔽供电时负载设备下面的电磁辐射，在供电桌面线圈矩阵的下面和设备模块接收线圈的上面及四周均包裹着磁性材料和金属材料，在其内部形成了封闭式的闭合磁路，极大地降低了泄漏出来的电磁辐射，并提高了系统效率。检测负载设备位置时用的RFID是在超近距离下工作，采用了较微弱的信号。

系统整体效率约为50%～60%。

从上面的报道看，无线供电的现实离我们已越来越近！

无线电爱好者如何利用自己手头的材料来搭建一个简易的无线充电器呢？请看下一篇《无线充电实验》。

无线充电实验

文 / 姜立中

看到前面的报道，你别以为自己拥有一个无线充电器还遥遥无期，自己动手，丰衣足食，在市场上还没有出售无线充电器之前，就先体会一下无线充电实验的乐趣吧！

无线电爱好者都可以利用自己手头的电子元器件来搭建一个简易的无线充电器。下面介绍无线充电的思路和解决方案。

无线充电器系统由电源电路，高频振荡电路，高频功率放大电路，发射、接收线圈和高频整流滤波电路5部分组成，如图1所示，最后给可充电电池充电。

下面分别介绍这几部分：

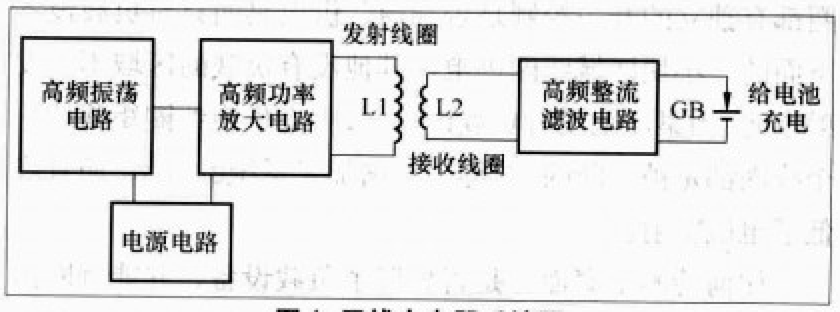


图 1 无线充电器系统图

频率的选择

无线电力传输的原理并不复杂，从原理上，电能、磁能随着电场与磁场的周期变化以电磁波的形式向空间传播，要产生电磁波首先要有电磁振荡，电磁波的频率越高其向空间辐射能量强度就越大，电磁振荡的频率至少要高于100kHz，才有足够的电磁辐射。

国产的无线供电发射模块VOX06MP01的频率大于200kHz，Powercast（电客）利用900MHz频段，还有10MHz频段、2.45GHz频段的等。

限于手头的振荡晶体，我在无线充电实验中的晶体振荡器采用2MHz的石英晶体，在无振荡晶体时用300kHz振荡电路。

发射、接收线圈的选择

发射和接收线圈都采用直径0.5mm左右的漆包线绕12匝，线圈直径约为80mm。

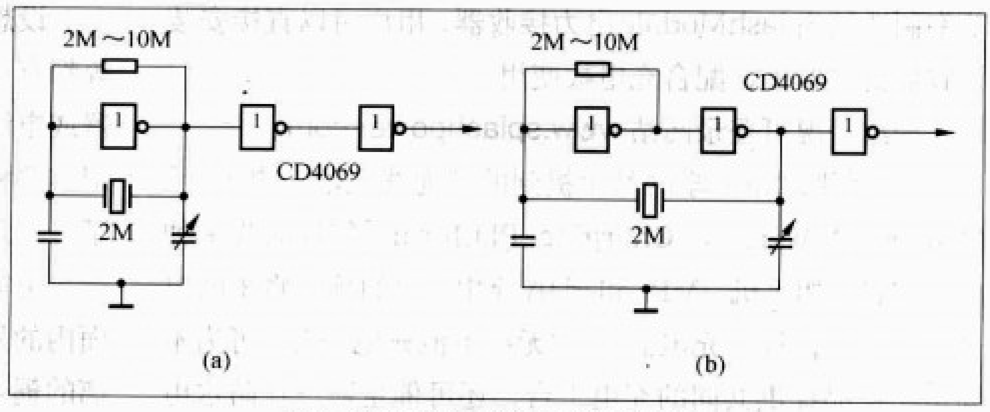


图 2 CD4069构成的晶体振荡电路

振荡电路的选择

1. 用CMOS电路六反相器CD4069的晶体振荡电路

CD4069构成的晶体振荡电路如图2所示，图2（a）中用了CD4069的三个反相器，一个反相器产生振荡，二个反相器作缓冲。

还有一种振荡电路如图2（b）所示，它与图2（a）的不同在于石英晶体的接法，在使用中似比图2（a）的接法更容易起振。

2. 用高速CMOS电路四与非门74HC00的晶体振荡电路

高速CMOS电路做的晶体振荡电路广泛应用于各种电子电路中，它起振容易，特别在高频段。

74HC00构成的晶体振荡电路如图3所示，它有三种接法，图3（a）是利用一个门电路构成的晶体振荡电路；图3（b）是增加一级缓冲；图3（c）是振荡晶体跨接在两个门电路的输入输出端。

3. 多谐振荡器产生振荡

多谐振荡器产生振荡是最简单的电路，构成多谐振荡器有多种办法，常见的有用CMOS门电路构成的多谐振荡

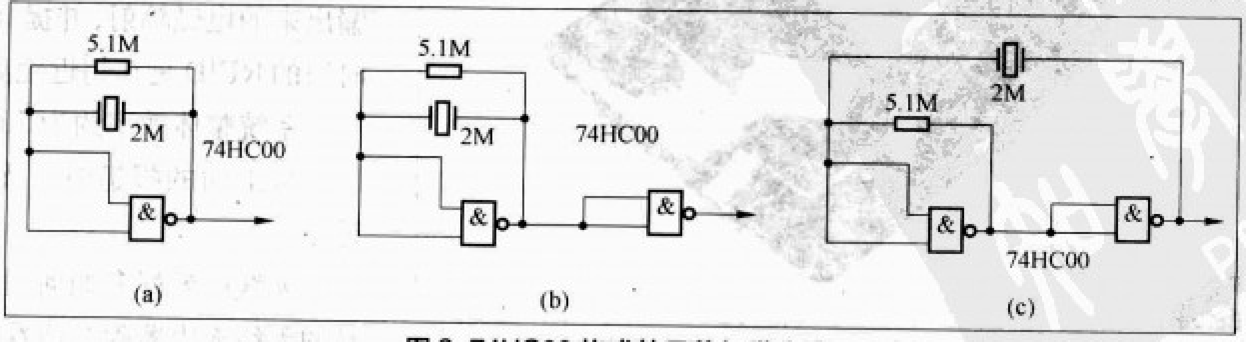
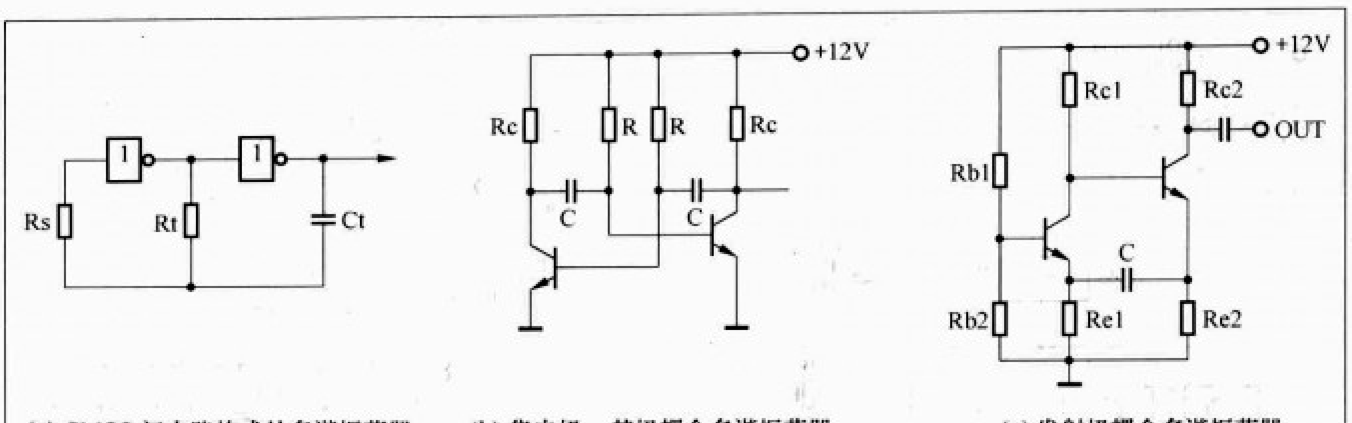


图 3 74HC00构成的晶体振荡电路



(a) CMOS 门电路构成的多谐振荡器　(b) 集电极—基极耦合多谐振荡器　(c) 发射极耦合合多谐振荡器

图4 多谐振荡器电路

器，电路简单而省电，但在实验过程中发现振荡幅度不够，高频段更甚。

我们选用的是晶体管做的多谐振荡器，用晶体管做多谐振荡器有两种电路：

第一种是集电极—基极耦合多谐振荡器，这种多谐振荡器在低频段效果还可以，但在高频段就无法应用。因为集电极—基极耦合多谐振荡器的输出上升沿差，为使输出幅度稳定，两只晶体三极管工作在饱和状态，因而使电路的最高工作频率受到限制。

第二种是发射极耦合多谐振荡器，它可以克服第一种振荡器的缺点，两只晶体三极管工作在非饱和状态，提高了三极管的开关速度，从而可以得到更高的振荡频率。耦合电容接在发射极上，能改善输出波形。最后我们选用的晶体管多谐振荡器是发射极耦合多谐振荡器，亦称射极耦合多谐振荡器。

多谐振荡器电路如图4所示。

高频功率放大电路

由于放大后的振荡输出是用于能量功率，而不是信号，波形的失真并不重要，不但要有足够的振幅，电路还要简单。这里选用功率场效应管电路和达林顿管两种电路。

这两种电路仅一级功放就有一定的功率输出，限于手头的电子元器件，功率场效应管选用IRF540N和BUZ76，达林顿管选用TIP132和2SC4350。如手头没有上述晶体管，也可模仿达林顿管内部电路搭建，第一级用中小功率管，第二级用中大功率管，如用S8050和2SD882、S8050和2SD652B等。各种电路如图5所示。

高频功率放大电路的负载是初级发射线圈L1，接在集电极或漏极（D）电路上。

二极管的选用

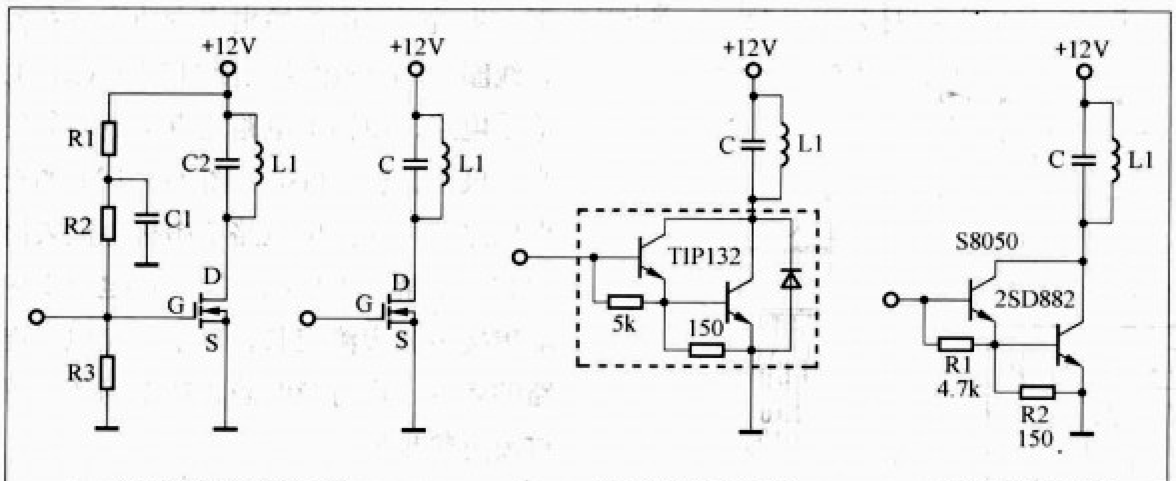
如果电源电路用次级为12V的50Hz交流电源变压器，可用普通整流二极管。次级接收线圈L2接收的电磁波是高频电磁波，将高频交变电流整流为直流电流是不能用普通整流二极管的，将普通整流二极管用于高频电路，不但效率低下而且会迅速发热烧毁。影响高频整流效率的主要参数是二极管的反向恢复时间t_{rr}（Reverse Recovery Time）和结电容（junction capacitance），特别是反向恢复时间影响最大。

附表列出了高频整流二极管的主要参数。

附表 高频整流二极管的主要参数

序号	型号	耐压(V)	平均整流电流(A)	反向恢复时间(ns)	结电容(pF)	二极管类型
1	FR107	1000	1	500	15	快恢复二极管
2	FR157	1000	1.5	500	30	快恢复二极管
3	UF4007	1000	1	75	17	快恢复二极管
4	MBR1545	45	15	< 10ns	400	肖特基二极管
5	MBR15100	70	15	< 10ns	200	肖特基二极管
6	MBR20100	100	20	< 10ns	400	肖特基二极管
7	1N5822	40	3	< 10ns	190	肖特基二极管
8	1N4148	75	150mA	4ns	4.0	硅高速开关二极管
9	1N1553	60	150mA	8ns	3.0	硅高速开关二极管
10	1N1555	30	150mA	8ns	3.0	硅高速开关二极管

从整流二极管的性能来看，肖特基二极管（Schottky Barrier Rectifiers）最显著的特点为反向恢复时间极短（小于10ns），正向导通压降仅0.4V左右，属一种低功耗、超高速半导体器件。但它的反向耐压值较低，一般不超过100V，因此适宜在低压、大电流情况下工作。



(a) 功率场效应管电路　(b) 达林顿管电路　(c) 模拟达林顿管

图5 高频功率放大电路

UF4000、FR100和FR150系列快恢复二极管中UF4000系列更适宜选用。但我们发现应用极为广泛的硅高速开关二极管1N4148的反向恢复时间比肖特基二极管还短，非常适合于高频整流，其主要缺点是整流电流

小。若做成桥式整流电路，整流电流可大于200mA，在小电流的无线充电实验中绰绰有余。

电源电路

整机的电源电路用次级为12V的交流电源变压器供电。也可用输出是12V的开关电源供电。如选用小巧的电子变压器供电，可用输出是12V的电子变压器，电子变压器自制较困难，外购比较方便，是为白炽射灯配套的，输出应选12V、50W的规格，价格不超过10元，但整流二级管必需选用快恢复二极管，普通整流二极管不能用。

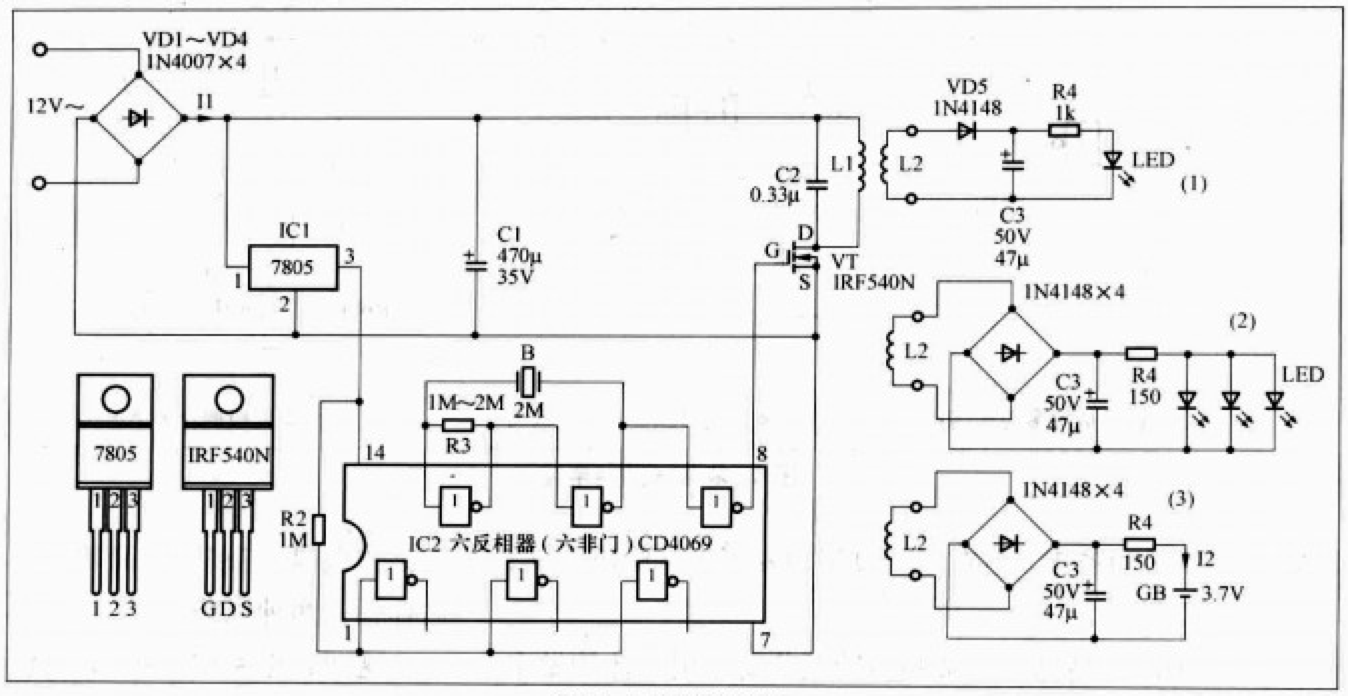


图7 无线充电器2

有人介绍可用电子镇流器或电子变压器来改装成无线供电装置，我也试验过，但未成功，这可能是电子镇流器的开关频率仅20kHz～60kHz，向空间辐射的电磁波能量太小所致。如想改装成功，首先要提高振荡频率，可用555等电路作他激式半桥逆变电路，来得到无线功率输出。

无线充电电路

将上述振荡电路、高频功率放大电路和电源电路配上发射、接收线圈就可构成无线充电电路。

不同的振荡电路和高频功率放大电路加以组合就有了以下各种电路：

1.CD4069的晶体振荡电路和功率场效应管组成的无线充电电路

无线充电实验开始时搭建的电路如图6所示，CD4000系列的CMOS电路的极限电压是18V，不稳的交流12V电压整流滤波后的空载电压可能会超过18V，所以，CD4069的电源电压另用稳压二极管提供。CMOS电路所有不用的输入端应接上适当的逻辑电平（Vdd或Vss），不得悬空，否则电路的工作状态将不确定，并且会增加电路的功耗。因此，CD4069的不用的输入端通过R5接到电源端。

晶体振荡接成单门振荡器，振荡输出经二级缓冲后送到功率场效应管的栅极G，开始为保护场效应管，在场效应管的栅极电路上设置偏压和泄漏电路，后来，看到电路能稳定工作，在图7中就放松警惕，把场效应管栅极上的其他元件都取消了。CD4069的电源也可由三端稳压集成电路7805提供。图7中晶体振荡器改变了接法，跨接在两个门电路之间，改变了接法就会有不同的效果。

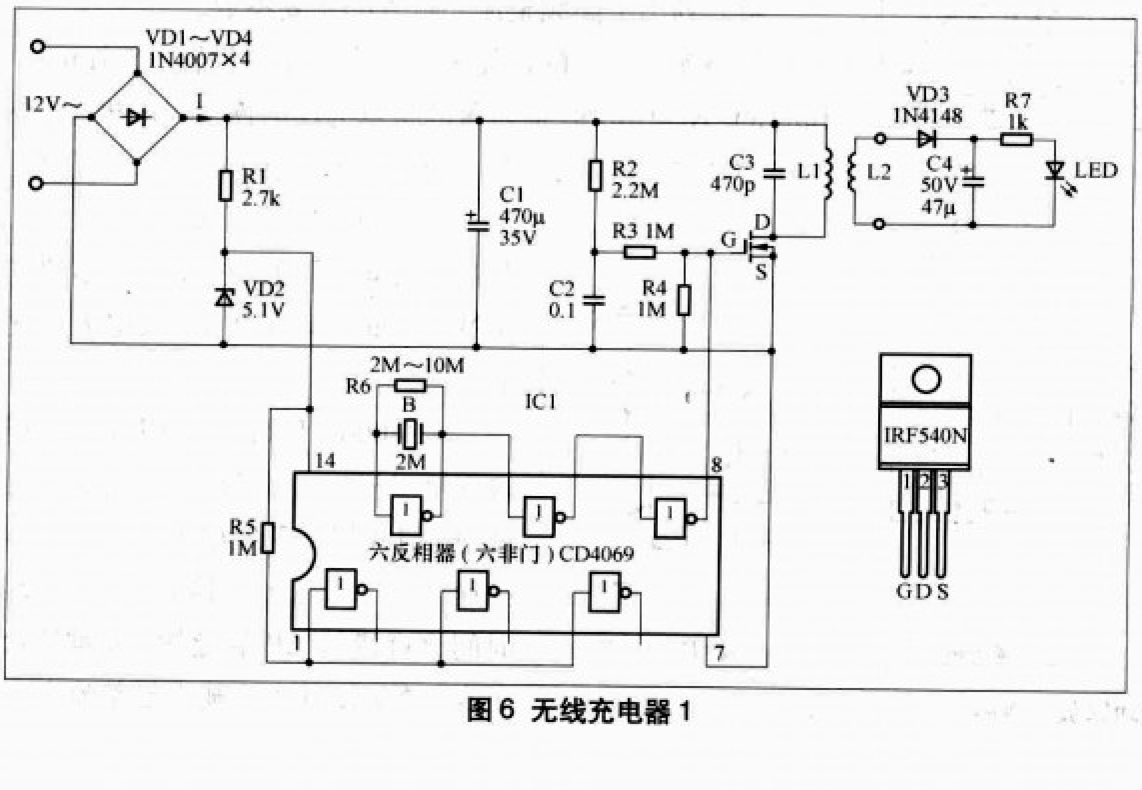


图6 无线充电器1

实验开始时，为了能直接看到效果，在接收线圈L2的输出端接上整流二极管和滤波电容，整流后的直流电流仅点亮发光二极管，见图6，只要能看到发光二极管发光，就知道实验有了眉目。振荡电路和高频功率放大电路都能工作，下一步就要了解能输出多少功率，在接收线圈L2的输出端上接图7中（2）的输出电路，使输出电路能点亮更多的发光二极管，然后再接上图7中（3）的充电电路，再在充电电路中串接电流表测定I2，了解充电情况，同时在电源供应端串接电流表测定I1，以了解充电时电路的效率，也可及时防止功率场效应管过流过热现象。

本文所提供的元器件数据仅是多次实验中效果较好的数据，在不同的外界

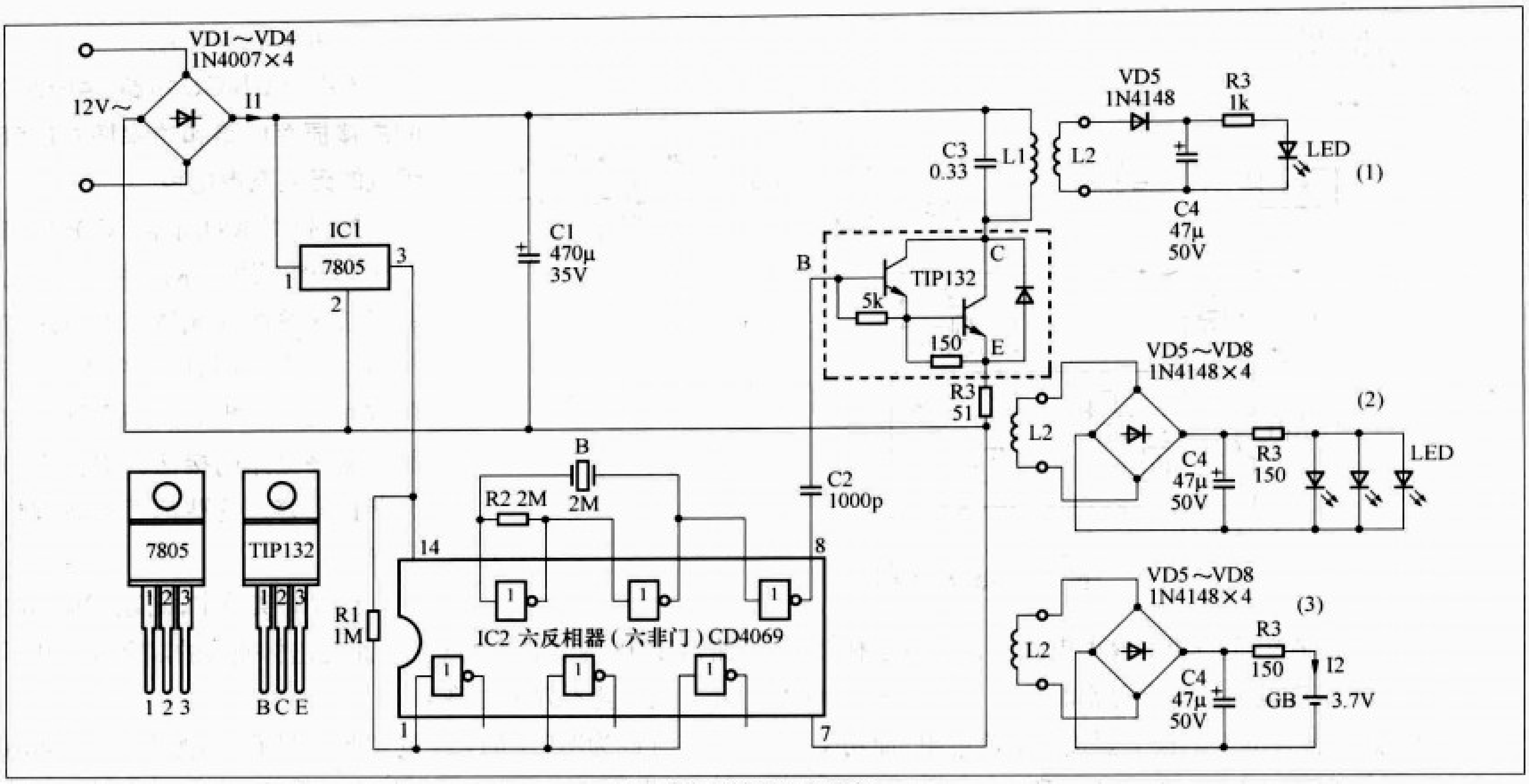


图8 无线充电器3

条件下，会有所不同，一定要反复实验比较，以得到最好的结果。

影响实验效果的因素有振荡电路的类型，振荡输出波形，振荡电路的输出和高频功率放大电路的耦合电路，高频功率放大电路的谐振电容大小，发射、接收线圈的耦合程度等。

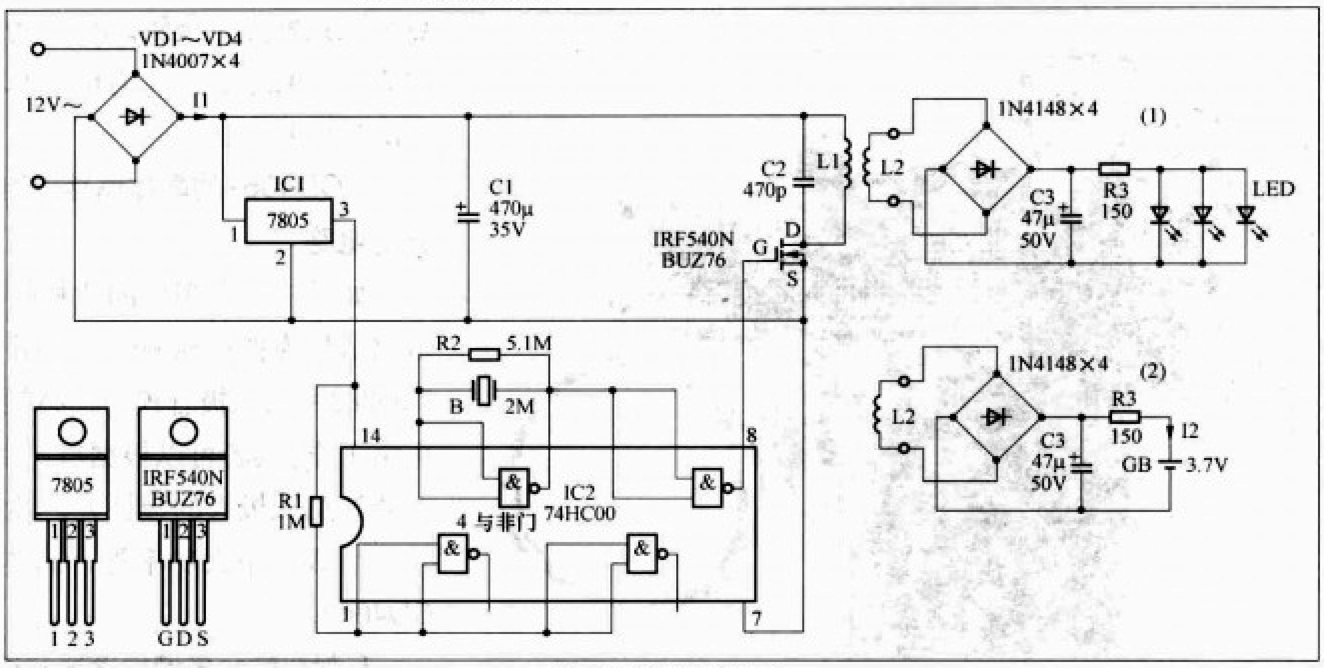


图9 无线充电器4

2.CD4069的晶体振荡电路和达林顿管组成的无线充电电路

这种充电电路图如图8所示。

采用CMOS电路的晶体振荡电路可直接驱动达林顿管带动负载，达林顿管(Darlington)就是两个三极管接在一起，极性只认前面的三极管。用法跟三极管一样，放大倍数是两个三极管放大倍数的乘积。

晶体振荡电路与图7相同，其他实验步骤也与图6、图7的电路图中的一样，只是晶体振荡输出与达林顿管的基极之间用电容耦合，如直接耦合会使功率放大电路的直流功耗增大，电容大小的选择，以电源供应电流 $I1$ 小，而充电电流 $I2$ 大为准。

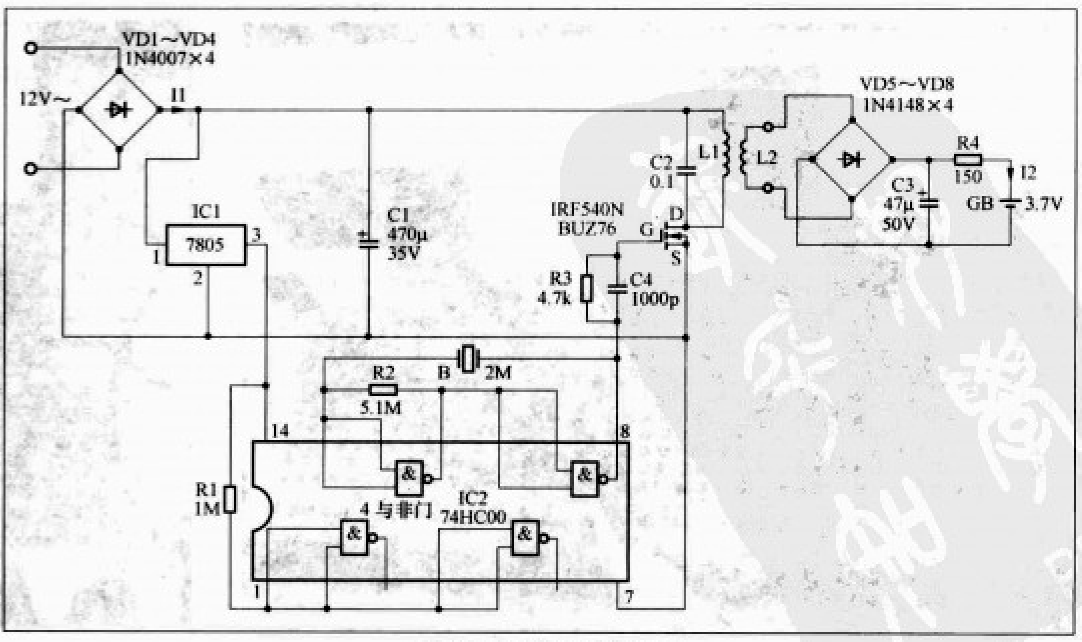


图10 无线充电器5

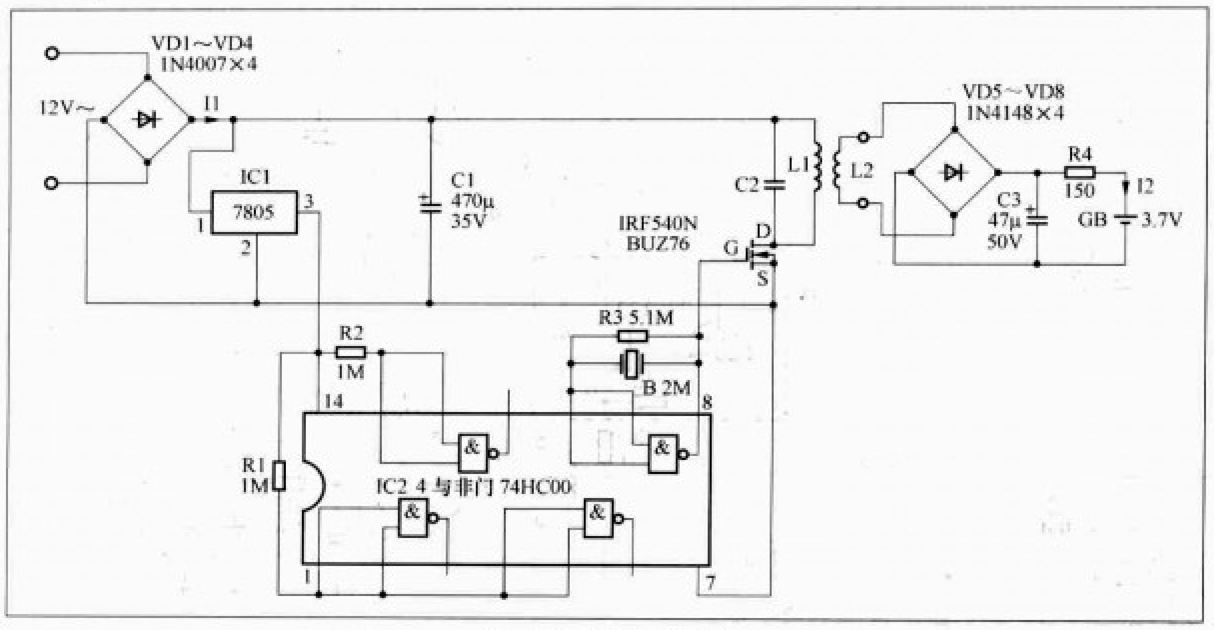


图11 无线充电器6

在由达林顿管组成的功率放大电路中，随着达林顿管温度的升高，集电极的电流将急剧增加，以致烧毁达林顿管，所以在达林顿管的发射极上要接上限流电阻，而功率场效应管的通态电阻具有正温度系数，所以在源极（S）电路一般不用接限流电阻。

3.高速CMOS电路74HC00的晶体振荡电路和功率场效应管组成的无线充电电路

按图3所示的高速CMOS电路74HC00构成的晶体振荡电路与功率场效应管组成无线充电电路有三种，如图9、图10和图11。它们各有相同之处也有不同之处，如晶体振荡电路的接法、耦合电路和谐振电容，这些都可不断调整完善。

在我的实验中，高速CMOS电路74HC00构成的晶体振荡电路与达林顿管的配合效果并不好，这里就不列出电路了。

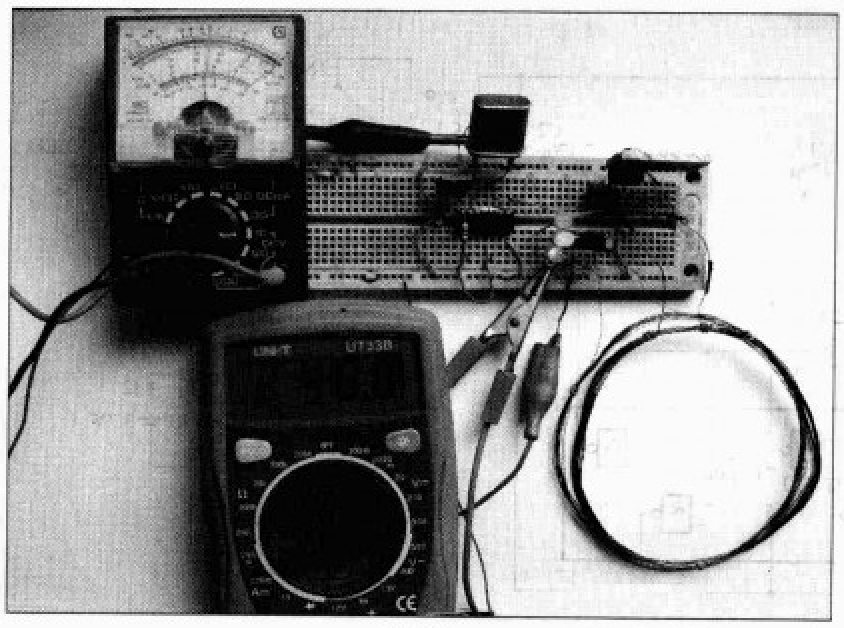


图12

图12为图7中的（2）的实际装配板，电源电流为48mA时，接收线圈耦合得到的高频电压整流滤波后直流电压5V，点亮三只发光二极管。图13为图7（2）电路特写。图14为图7（3）电源电流I1为62mA，3.7V锂电池充电电流I2为60mA的实际电路。

4.CD4069的晶体振荡电路和模拟达林顿管组成的无线充电电路

如手头没有现成的达林顿管，也可模仿达林顿管内部电路搭建模拟达林顿管。在图15所示电路中，用S8050和2SD882两只三极管模仿达林顿管内部电路搭建的电路也能正常工作。读者可以根据自己手头现有的三极管来搭建，除了要注意三极管的极性外，达林顿管的前级要用中小功率管，后级用中大功率管，晶体振荡电路还用CMOS电路CD4069。

5.射极耦合多谐振荡器和达林顿管组成的无线充电电路

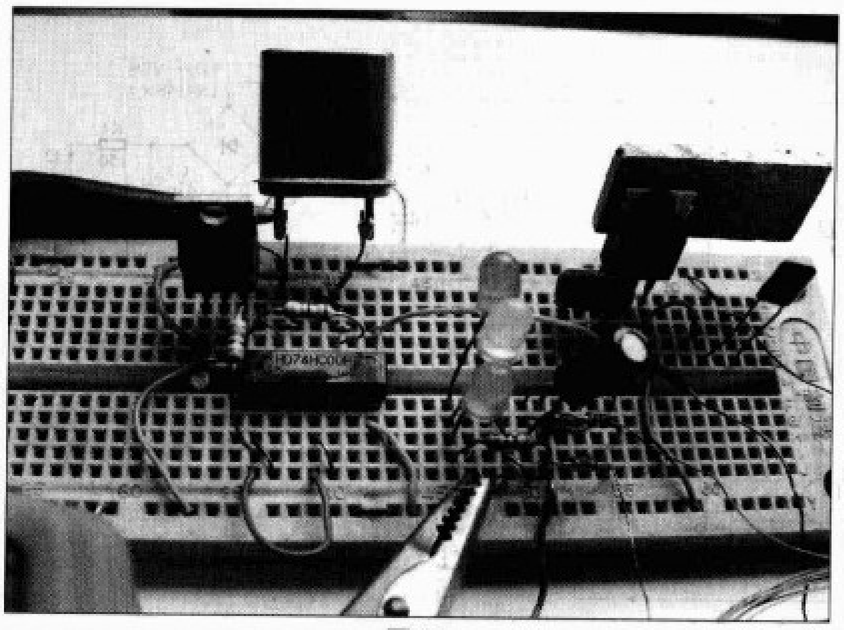


图13

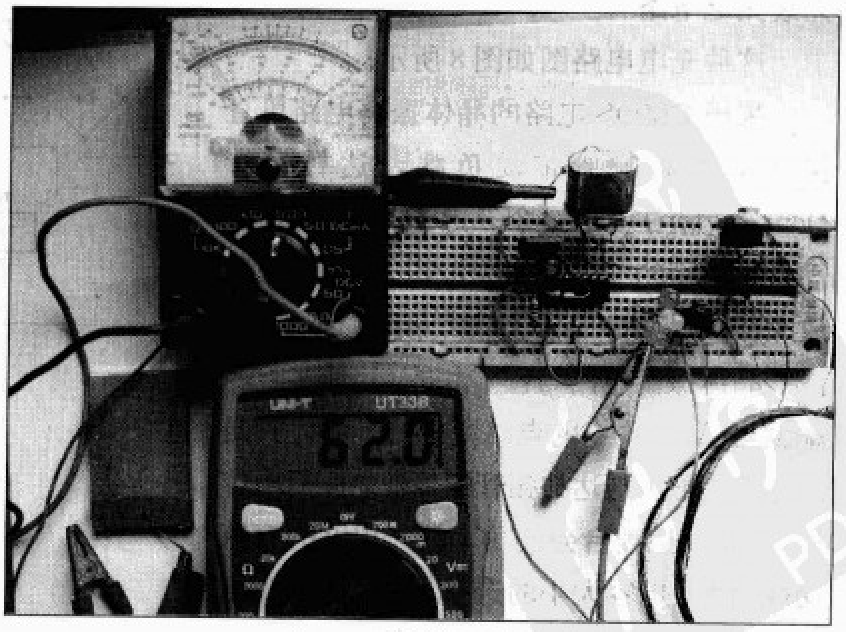


图14

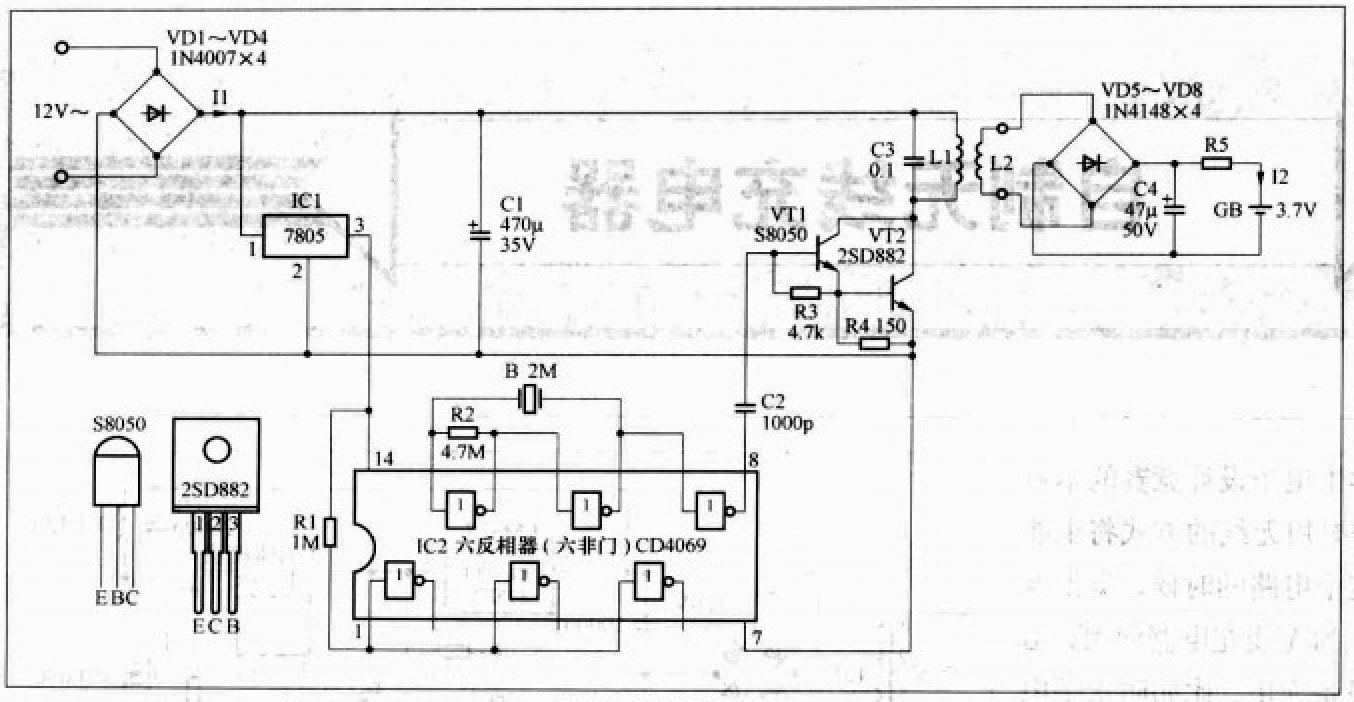


图 15 无线充电器 7

有许多电子爱好者初学电子技术，手头既没有石英振荡晶体，又没有集成电路，能否做无线充电的实验呢？回答是肯定的。

在图16中我们选用的晶体管发射极耦合多谐振荡器和达林顿管组成无线充电电路，发射极耦合多谐振荡器用两个小功率三极管组成，按图16中的元器件数据，振荡频率约为350kHz，改变电容器C2的大小可改变振荡频率，C2为560pF时，振荡频率约为300kHz。虽然继续减小C2可增加振荡频率，如C2为82pF时，振荡频率约为2MHz，但用示波器观察，输出波形的振幅将大大减小不利直接推动达林顿管，继续实验时，可以再增加一级放大来推动末级。

图16中的多谐振荡器没有采用稳压电源，电源电压的波动虽然对振荡频率的稳定会产生影响，但无线充电电路对频率的精确度要求不高，所以就采用最简单的电路接法。

图16（a）和图16（b）分别接不同型号的达林顿管，但不同型号的达林顿管耦合电路和谐振电容也要改变以得到最大功率输出。

6.射极耦合多谐振荡器和模拟达林顿管组成的无线充电电路

图17所示的电路是所有无线充电实验中最为简单的电路，所用元器件也容易得到，仅最后一级功率放大三极管的耗散功率要大些，其他都是最普通的元器件。图18是电源电流I1为61.8mA时，3.7V锂电池充电电流I2为50mA的充电电路。

充电电流的变化

充电电流的变化与前面提到的影响实验效果的因素如振荡电路的类型，振荡输出波形，振荡电路的输出和高频功率放大电路的耦合电路，高频功率放大电路的谐振电容大小，发射、接收线圈的耦合程度有关。要增加充电电流，就要在这许多方面反复实验，有条件的实验者可用示波器观察和测定振荡输出波形和频率，有时电源电流很大而充电电流很小，主要有两个原因：一是驱动信号的直流成分太多，直流功耗比例大，可用电容器隔离，二是输出波形变差，谐波成分多，转换效率低，可以从改变振荡电路的类型、改变振荡电路元件

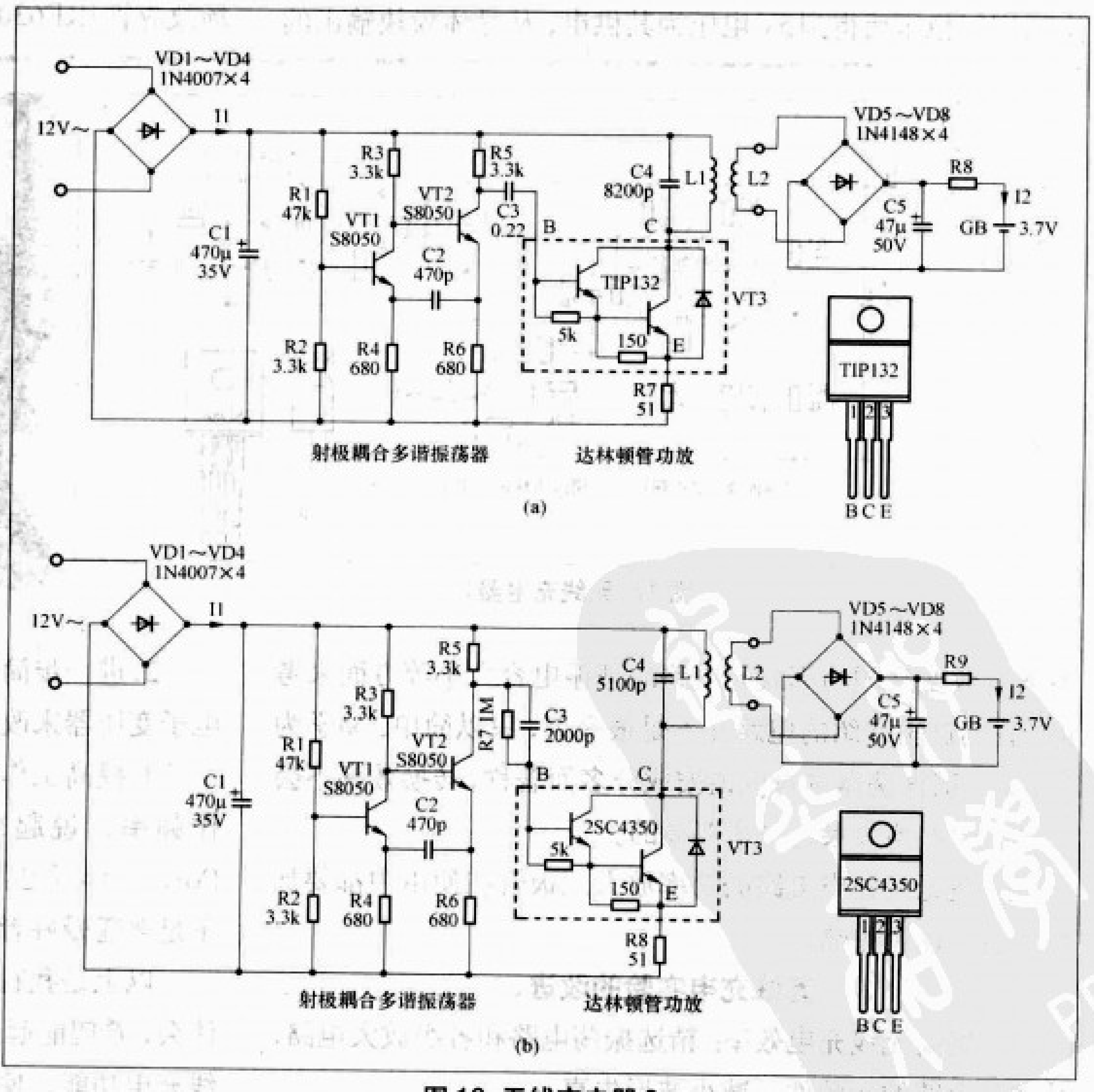


图 16 无线充电器 8

自制无线充电器

文/魏坤 王卫洁

笔者在做2007年大学生电子设计竞赛的本科组B题（见文末）时，需要用无线的方式将电能进行无线传输。当做出这个电路的时候，觉得这个电路稍加改进便可以作为无线充电器使用，给一些不能有电路接口的设备充电，比如防水手电筒，防水剃须刀等。

在做竞赛时因为这个电路还要进行ASK调制。但作为一个充电器用就不需要ASK的调制电路，所以将这个电路简化为图1所示。市电经过变压器变压后得到15V交流电压，进行整流滤波后得到的电压约为21V的直流电压，作为主供电电压。进行能量传输的电磁场的频率为1MHz，由一块1MHz的有源晶体模块产生，晶体模块用LM317将21V电压进行稳压后得到5V电压为其供电，从晶体模块输出的1MHz信号电压可以达到4.8Vpp，所以直接用来推动功率场效应管IRF630进行谐振放大。电感L1与电容C1的谐振

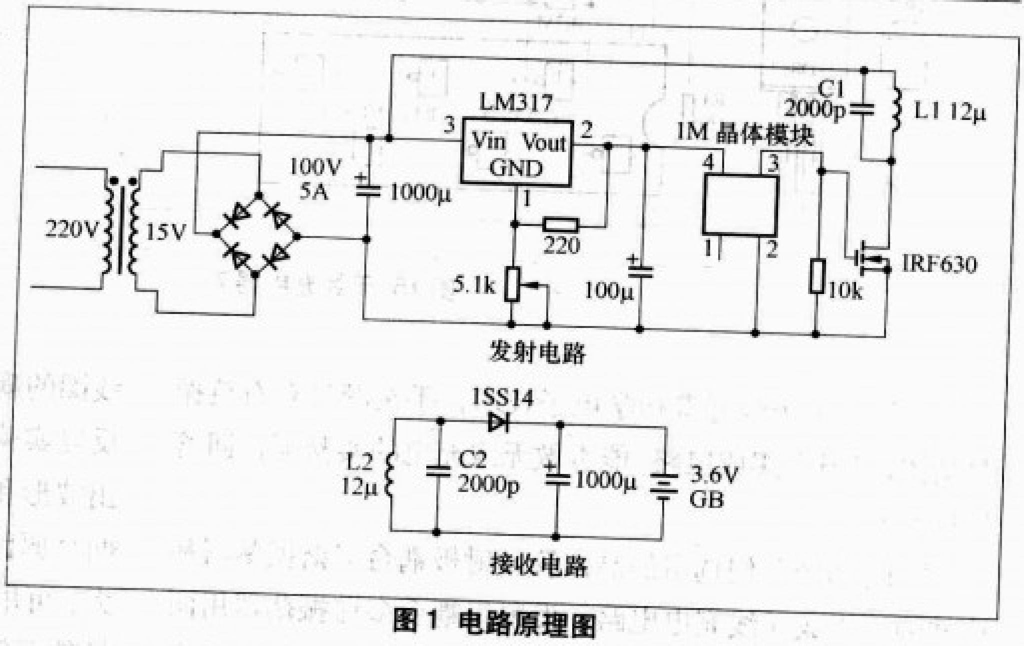


图1 电路原理图

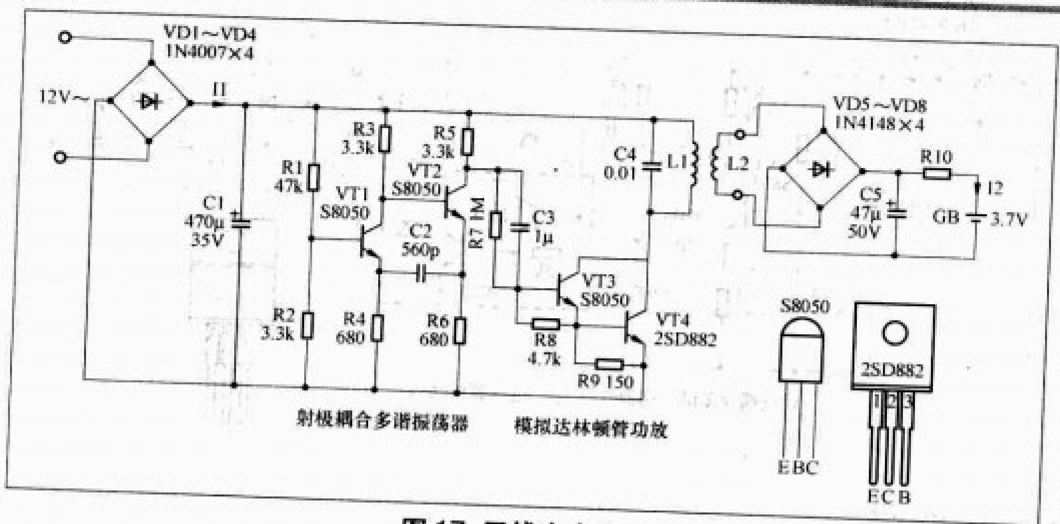


图17 无线充电器9

图18

参数、改变高频功率放大电路的谐振电容大小等方面来考虑。我们这里介绍的电路并不是很完善，只以简单、易学为主，如多谐振荡器本身以谐波成分多而著称，转换效率不会很高，但实验效果还是很明显的。

上述无线充电电路的功率放大三极管在使用中都要加散热器，以免过热。

无线充电实验的改进

1.提高无线充电效率：精选振荡电路和各级放大电路，筛选各电路的元器件，减小波形失真。

2.进一步简化电路：不用电源变压器，用电子镇流器或电子变压器来改装成无线供电装置的实验还可再继续。

3.提高工作频率，减少电磁辐射对人体的影响：提高工作频率，说起来简单，但实现还会遇到许多困难，如Powercast（电客）利用900MHz频段，器件和电路设计就不是普通爱好者能胜任的。

以上是我在做了数十个无线充电实验以后的一些粗浅体会，希望能起到抛砖引玉的作用，大家都动动手，完善无线充电功能，使无线电力传输能更快地普及。

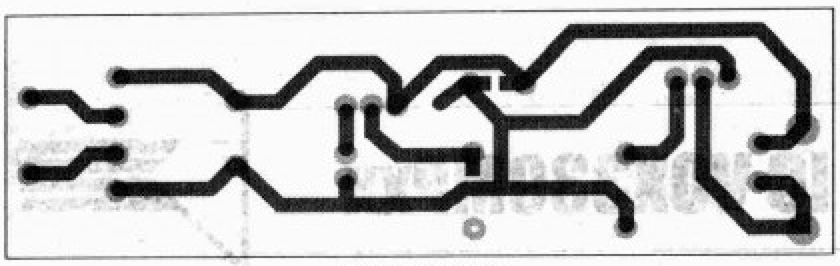


图2 PCB图

频率为1MHz，因为电路谐振，所以当接收线圈不靠近发射线圈或接收线圈空载时发射电路的空载电流很小。电能的接收也采用谐振接收方式，使接收能量的传输效率达到最高，用肖特基二极管进行整流后经过滤波得到直流电给电池充电，将接收线圈嵌入发射线圈内，给一节3.6V锂电池充电，充电电流在0.6A以上。如果将线圈做成桶形，则传输效率更高。不将接收线圈靠近发射线圈时，发射电路的空载电流约为30mA，在进行充电时，发射电路的电流约为350mA，所以要给功率场效应管加散热器，以防温度过高而损坏。

图2为发射电路的PCB图，由于接收电路极简单，未设计PCB，实际制作中L1用直径为1.8mm的漆包线在直径为66mm的圆柱体上绕10匝，电感量为12μH，L2也用直径为1.8mm的漆包线在40mm的圆柱体上绕13匝，电感量为12μH，变压器选用10W的EI型变压器，其他元件无特殊要求，按图取值即可。实物见图3、图4。

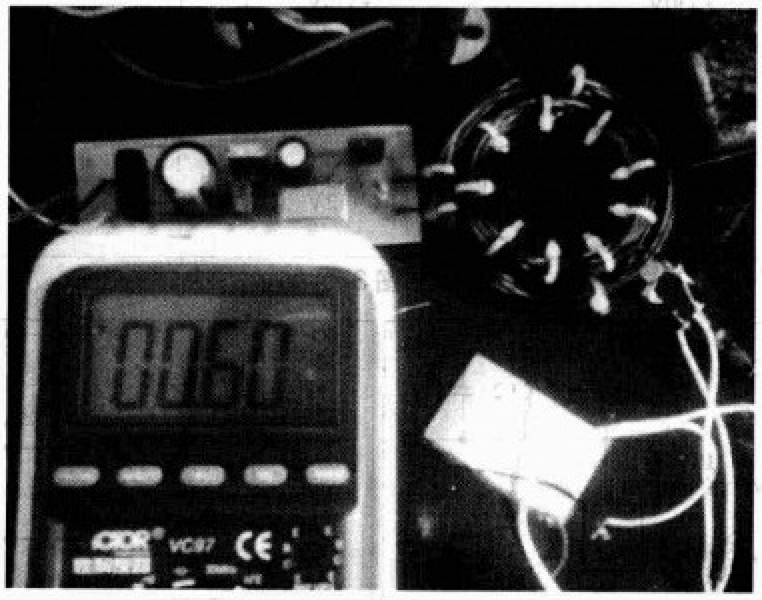


图3

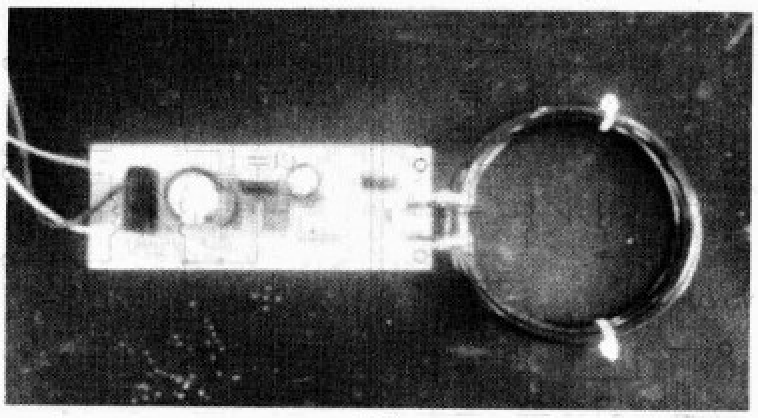
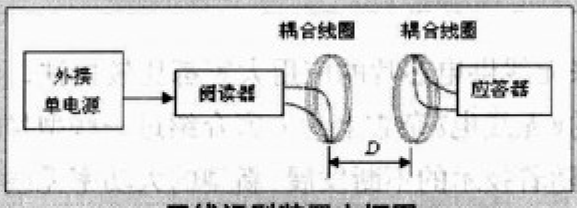


图4

附：2007年全国大学生电子设计竞赛本科组B题——无线识别装置

一、任务

设计制作一套无线识别装置。该装置由阅读器、应答器和耦合线圈组成，其方框图参见附图。阅读器能识别应答器的有无、编码和存储信息。



无线识别装置方框图

装置中阅读器、应答器均具有无线传输功能，频率和调制方式自由选定。不得使用现有射频识别卡或用于识别的专用芯片。装置中的耦合线圈为圆形空芯线圈，用直径不大于1mm的漆包线或有绝缘外皮的导线密绕10圈制成。线圈直径为6.6±0.5cm（可用直径6.6cm左右的易拉罐作为骨架，绕好取下，用绝缘胶带固定即可）。线圈间的介质为空气。两个耦合线圈最接近部分的间距定义为D。阅读器、应答器不得使用其他耦合方式。

二、要求

1．基本要求

(1) 应答器采用两节1.5V干电池供电，阅读器用外接单电源供电。阅读器采用发光二极管显示识别结果，能在D尽可能大的情况下，识别应答器的有无。识别正确率≥80%，识别时间≤5s，耦合线圈间距$D \geq 5$cm。

(2) 应答器增加编码预置功能，可以用开关预置四位二进制编码。阅读器能正确识别并显示应答器的预置编码。显示正确率≥80%，响应时间≤5s，耦合线圈间距$D \geq 5$cm。

2．发挥部分

(1) 应答器所需电源能量全部从耦合线圈获得（通过对耦合到的信号进行整流滤波得到能量），不允许使用电池及内部含有电池的集成电路。阅读器能正确读出并显示应答器上预置的四位二进制编码。显示正确率≥80%，响应时间≤5s，耦合线圈间距$D \geq 5$cm。

(2) 阅读器采用单电源供电，在识别状态时，电源供给功率≤2W。在显示编码正确率≥80%、响应时间≤5s的条件下，尽可能增加耦合线圈间距D。

(3) 应答器增加信息存储功能，其存储容量大于等于两个四位二进制数。装置断电后，应答器存储的信息不丢失。无线识别装置具有在阅读器端写入、读出应答器存储信息的功能。

(4) 其他。

大功率无线供电 IC VOX330MPxx

文/古 人

近来无线供电芯片的应用大家都比较关注，笔者曾经在去年的《无线电》杂志上为大家介绍过一些型号的无线供电芯片。随着技术的不断发展，新型的大功率无线供电功率芯片也在陆续问世，本文为大家介绍一下VOX330MPxx大功率无线供电集成电路，这个系列主要包括VOX330MP05S、VOX330MP05D和VOX330MP2A等，发射功率分别为100W、100W+100W和500W。它们的共同特点是：

1．高工作电压：直接将市电220V整流滤波后，得到310V左右的电压，给发射线圈供电，因此效率较高。

2．驱动电压均为稳压直流12V，驱动电流在22mA～30mA之间。

3．均为三极封装（VOX330MP05D专门针对成双电路，如电热手套、电热鞋等设计的，散热片为第4脚）。

4．外部只有一个LC回路，L通常为一个20～40匝空心线圈，没有任何其他电路。

5．空载自动限流，动态发射功率可达静态的10倍左右。

6．接收短路保护，允许接收线圈完全短路。

7．发射距离较短，在大功率接收状态下，通常只有10mm左右，在小功率接收状态下，可在300mm左右。

8．在真正意义上实现了电器与电源的分离，因此，从安全性和灵活性方面来说，是有线电器无法比拟的，可广泛应用于移动性强、防水、隔离、不便通线或无法通线的电器和场所。

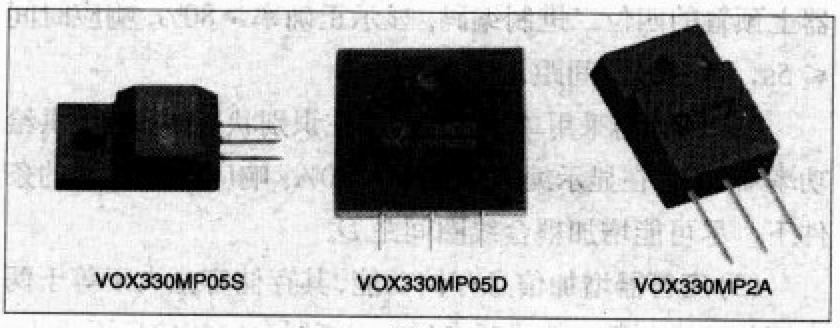


图1

表1（单位：mm）

	长	宽	厚	引脚长	引脚面积
VOX330MP05S	22.20	7.40	9.55	7.60	1×0.4
VOX330MP05D	31.70	29.94	6.70	8.50	φ0.8
VOX330MP2A	27.47	19.40	9.50	14.50	1×0.5

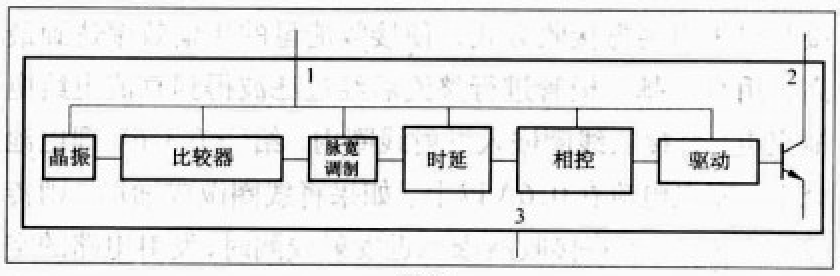


图2

表2

	红笔接3脚				黑笔接3脚			
	1	2	3	4	1	2	3	4
VOX330MP05S	∞	14.2k	0	–	3.0k	4.5k	0	–
VOX330MP05D	∞	14.2k	0	∞	3.0k	4.5k	0	3.0k
VOX330MP2A	∞	6.3k	0	–	2.8k	4.5k	0	–

它们的封装外形如图1所示。机械尺寸如表1所示。

以VOX330MP2A 为例，其内部结构的框图见图2内部，阻抗列表见表2。

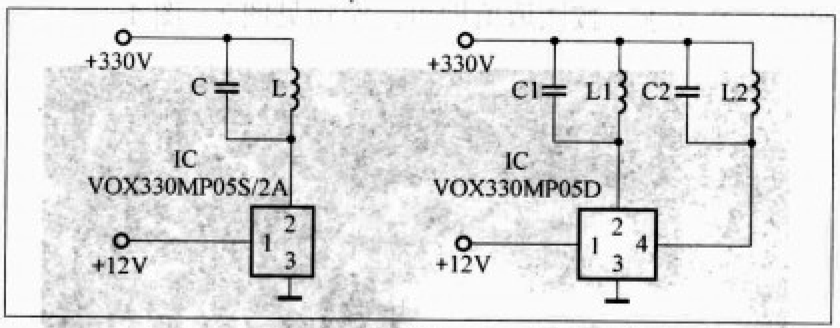


图3

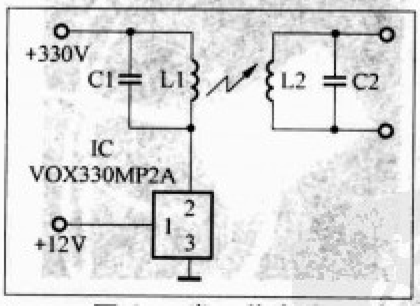


图4 一发一收电路

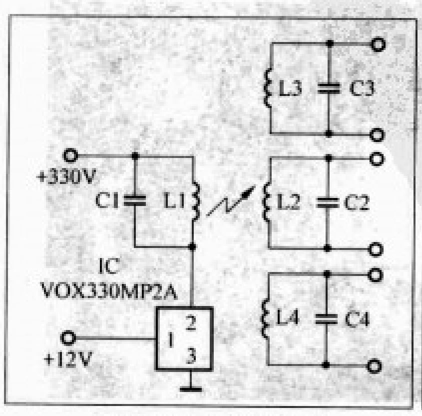


图5 一发多收电路

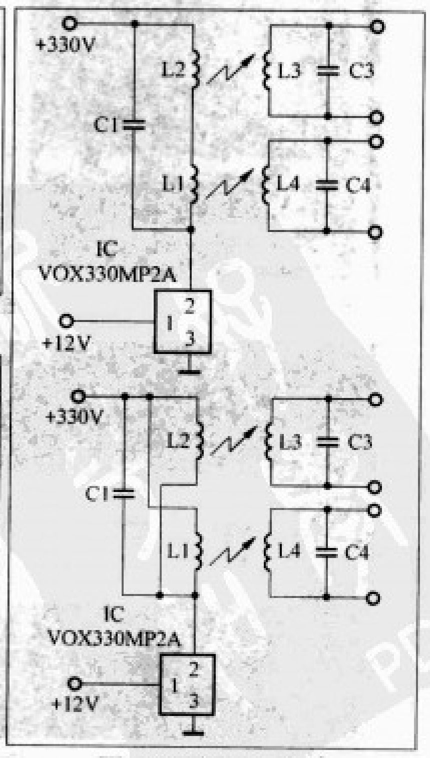


图6 双发双收电路

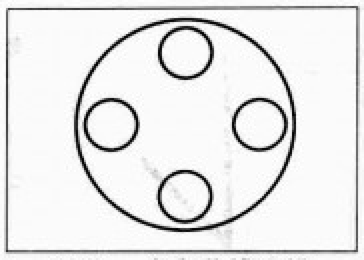


图7 一发多收线圈排布示意图

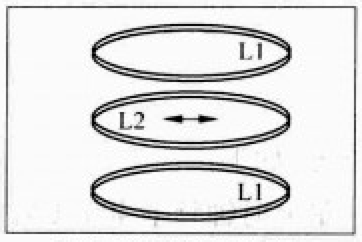


图8 接收线圈L2在发射线圈L1的夹层中

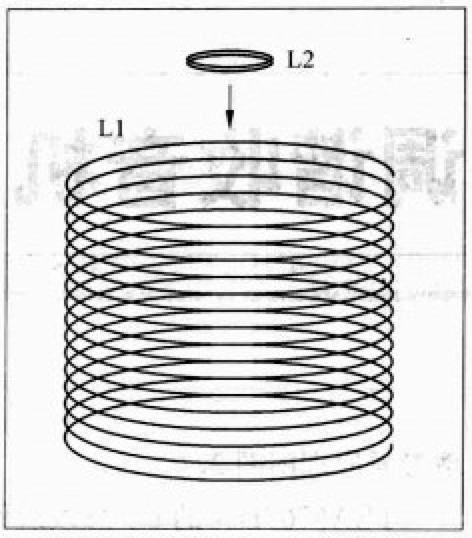


图9 接收线圈L2在发射线圈L1中运动

该系列芯片的基本应用电路的发射部分如图3所示。VOX330MP2A的几种实用的特殊输出电路见图4～图6。实际应用中几种线圈的空间排布如图7～图9所示。下面，笔者为大家介绍几个实际应用的例子。

40W照明灯

该应用电路如图10所示。

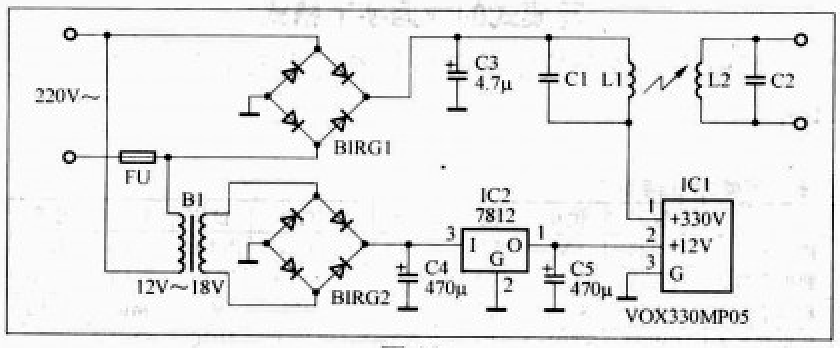


图10

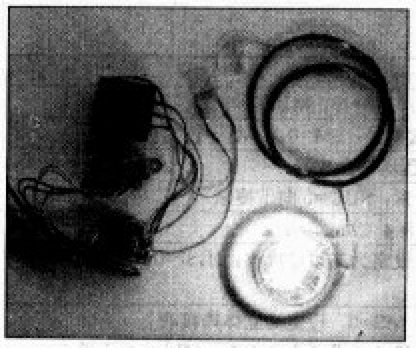


图11 工作中

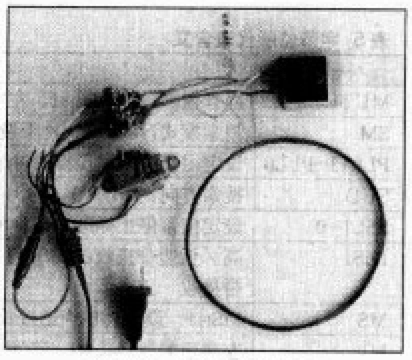


图12 40W发射器

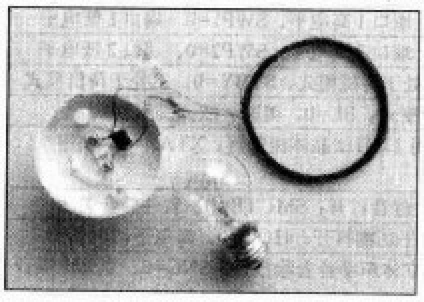


图13 40W接收器

应用场景及效果如图11～13所示。

500W发射器

该应用电路如图14所示。

电路图中+12V驱动电源由两个电容提供，因此省略了变压器，体积和重量较小。

不过，此类大功率无线供电IC在应用中可能产生两方面的EMC（电磁干扰）问题，分别是：由发射引起的辐射和由于发射对供电电网的干扰。

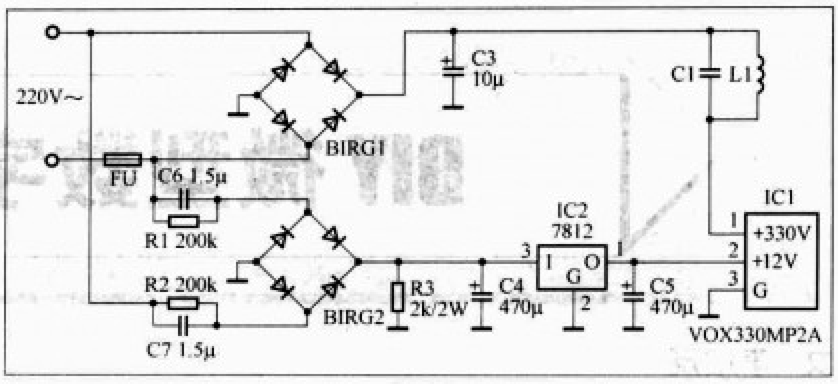


图14

为了解决这两个问题，笔者为大家提供下列两个解决的方法。

1.辐射引起的干扰

经实验测试，此类IC对电视机、电脑、收音机、手机等均不产生干扰。IC主要依靠磁场来传递能量，因此传输距离很短。传递的能量随着距离的增加，急剧下降，加上IC本身的自动限流功能，空载时，消耗的功率只有负载时的数分之一甚至十分之一。而当接收线圈靠近时，大部分能量又被吸收转化为电能或其他能量，因此，辐射量更小。

使用者可在远离线圈2cm以外，用一金属罩，如铝箔纸，将线圈罩住，辐射问题就可以全面解决。

2.发射对供电电网的干扰

这种干扰通常只有在电源输入端采用滤波电路来解决，如图15所示。

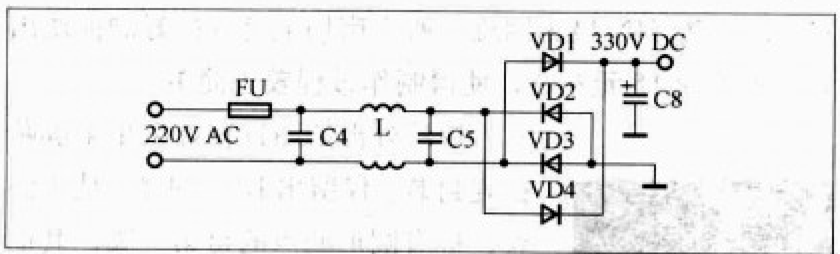


图15

在使用中还有几个值得提醒的问题：

节能问题：与有线相比，此类IC不节能！

距离问题： 在大功率供电下，往往只有5mm～20mm的有效距离（也足以透过两层塑料或玻璃外壳供电），在小功率供电时，最大有效距离只有50cm左右。

使用环境问题：

（1）此类IC以磁场的方式传递能量，因此两个线圈中间或周围2cm以内不得有大面积的金属存在，否则，电路的效率将会很低。

（2）线圈直径不能过度缩小，否则，能量会过于集中而导致线圈发热。

（3）若用于防水电器，两线圈均需要作绝缘处理。

（注：与本文相关的产品销售信息见本期第102页广告。）

DIY 微型数字调谐收音机

文 / 李增茂

回想以前自己做收音机时，采用分立元件做，不仅线路复杂而且调试困难。要是做数字调谐的收音机，线路更加复杂，让人望而退步。而现在，使用Philips公司生产的TEA5767HN单片收音IC制作数字调谐收音机，外围线路简单，几乎免调试，仅需简单地使用单片机控制，即可方便地DIY出一台属于自己的数字调谐收音机。

TEA5767HN 介绍

TEA5767HN是一款低功耗立体声收音IC，广泛应用于手机、MP3、MP4播放器等便携系统。接收频率76MHz～108MHz(日本／美国／欧洲频段选择)，中频频率225kHz，采用锁相环调谐系统，带有AGC电路，并可以使用软件进行静音和消除噪音。主要电性能指标：工作电压：2.5V～5.0V，工作电流10mA，灵敏度15μV，立体声分离度30dB，信噪比60dB，输出信号电平75 mV。总线通信界面I²C和3线总线可选，具有RF信号强度ADC输出，软件静音。TEA5767HN采用HVQFN40封装，业余条件下自己手工焊接TEA5767HN极为困难，所幸市场上有焊接好的模块出售，价格仅15元左右，使得制作过程较为简单。

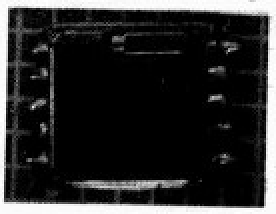


图 1

模块外形如图1所示。采用全屏蔽铁壳封装。仅留出10个焊盘。从正面看，标有圆形凹点的是第一脚，其他引脚依顺时针方向排列。各引脚功能见表1。模块使用的是32.768kHz晶体振荡器，编写软件需注意这点。

表 1 TEA5767HN 收音模块引脚功能

引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
1	ANT	RF信号输入	6	VCC	电源输入
2	MPX	解调信号输出	7	W/R	3线总线时读／写控制
3	R_OUT	右声道输出	8	BUSMOD	总线模式选择
4	L_OUT	左声道输出	9	CLK	总线时钟输入
5	GND	电源地	10	SDA	总线数据输入／输出

注：第7脚为3线总线模式时的读／写控制脚，第8脚为总线模式选择引脚，当接地时选择I²C总线模式，接VCC时选择3线总线模式。在我制作的收音机中，由于没有使用MPX信号，所以第2脚悬空。模块与单片机通信采用I²C总线方式以节约I/O口，因此第7脚悬空，第8脚接地。详细请参看原理图图2。

TEA5767HN的I²C总线通信介绍如下：

TEA5767HN器件地址C0H，最大时钟频率400kHz。

写入模式总线协议见表2。

表 2

S	地址(写)	A	数据位1	A	数据位2	A	数据位n	A	P

读出模式总线协议见表3。

表 3

S	地址(读)	A	数据位1	A	数据位2	A	数据位n	A	P

注：1.S为启动条件；2.地址(写)为0C0H，地址(读)为0C1H；3.A为应答信号；4.P为停止条件。

写模式的数据字节格式

写模式下各个数据字节格式参见表4，各符号含义参见表5。

表 4 写模式数据字节格式

	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
数据字节1	MUTE	SM	PLL13	PLL12	PLL11	PLL10	PLL9	PLL8
数据字节2	PLL7	PLL6	PLL5	PLL4	PLL3	PLL2	PLL1	PLL0
数据字节3	SUD	SSL1	SSL0	HISI	MS	ML	MR	SWP1
数据字节4	SWP2	STBY	BL	XTAL	SMUTE	HCC	SNC	SI
数据字节5	PLLREF	DTC	---	---	---	---	---	---

表 5 字节位所代表含义

符号	含义
MUTE	静音控制：MUTE=1，左右声道静音，MUTE=0左右声道正常
SM	搜索模式：SM=1，处于搜索模式，SM=0，不处于搜索模式
PLL13-PLL0	设定用于搜索和预设的可编程频率合成器
SUD	搜索方向：SUD=1，向上搜索，SUD=0向下搜索
SSL1-0	设定搜索停止标准。请参考表4
HISI	高／低边带接收：HISI=1，设定为高边带接收，HISI=0，设定为低边带接收
MS	MS=1，设定为单声道接收，MS=0，设定为立体声接收
ML	左声道静音：ML=1，左声道静音并设置为立体声，ML=0左声道正常
MR	右声道静音：MR=1，右声道静音并设置为立体声，MR=0右声道正常
SWP1	软件可编程端口：SWP1=1，端口1高电平，SWP1=0，端口1低电平
SWP2	软件可编程端口：SWP2=1，端口2高电平，SWP2=0，端口2低电平
STBY	待机模式选择：STBY=1，处于待机模式，STBY=0，不处于待机模式
BL	波段制式：BL=1，日本调频制式，BL=0，美国／欧洲调频制式
XTAL	振荡器选择：XTAL=1，使用13MHz晶体振荡器，XTAL=0，使用32.768kHz晶体振荡器
SMUTE	软件静音：SMUTE=1，软件静音打开，SMUTE=0，软件静音关闭
HCC	高电平切割：HCC=1，高电平切割打开，HCC=0，高电平切割关闭
SNC	立体声噪音去除：SNC=1，立体声噪音去除打开，SNC=0，立体声噪音去除关闭
SI	搜索标志位：SI=1，端口1输出准备好信号，SI=0，端口1做软件可编程端口用
PLLREF	PLLREF=1，6.5MHz锁相环参考频率使用，PLLREF=0，6.5MHz锁相环参考频率关闭
DTC	去加重时间：DTC=1，去加重时间为75μs；DTC=0，去加重时间为50μs

表6 搜索停止标准设定

SSL1	SSL0	搜索停止标准
0	0	搜索模式下禁止
0	1	低:ADC 输出大小为 5
1	0	中:ADC 输出大小为 7
1	1	高:ADC 输出大小为 10

PLL13−0 用于设定用来搜索和预设的可编程频率合成器。预设接收频率与 PLL 值的换算公式为:

1.采用高边带接收时换算公式(HISI=1):

$N_{DEC}=(4\times(F_{RF}+F_{if}))/F_{REFS}$

N_{DEC}=PLL 字的十进制值(这个十进制字可以转换为二进制)

F_{RF}= 想要调谐的频率(Hz)

F_{if}= 中频(Hz)

F_{REFS}= 基准频率(Hz)

2.采用低边带接收时换算公式(HISI=0):

$N_{DEC}=(4\times(F_{RF}-F_{if}))/F_{REFS}$

各符号含义同上面的公式。

例如:要接收 98MHz 频率,采用高边带接收,晶体振荡器为 32.768kHz,则对应 PLL 值为(十进制):

$N_{DEC}=(4\times(98000000+225000))/32768=11990$

换算为十六进制为 2ED6H。

而如果采用低边带接收,对应 PLL 值为(十进制):

$N_{DEC}=(4\times(98000000-225000))/32768=11935$

换算为十六进制为 2E9FH。

如果要接收 98MHz 频率,设定为采用高边带接收(HISI=1),静音关闭,立体声接收,波段选择欧洲/美国制式,TEA5767HN外接的晶体振荡器频率为32.768kHz,去加重时间 50 μs,那么按 TEA5767HN 数据字节格式,写入的数据应该为2EH、D6H、01H、07H、00H。把这些数依次送入TEA5767HN,即可设定TEA5767HN接收98MHz频率。

读模式下的数据字节格式

读模式下各个数据字节格式参见表7,各符号含义参见表8。

例如在98MHz处有一个立体声电台,假设TEA5767HN已经接收到这个电台,采用高边带接收方式(HISI=1),则读出 TEA5767HN 数据字节,RF=1,表示搜到一个电台,BLF=0,表示没有到波段极限,PLL13−0 为 2ED6,表示接收频率为98MHz,STEREO=1,表示收到的是立体声;IF6−0 在 31H~3EH 之间;ADC 在 0~16 之间。

表7 读模式数据字节格式

	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
数据字节 1	RF	BLF	PLL13	PLL12	PLL11	PLL10	PLL9	PLL8
数据字节 2	PLL7	PLL6	PLL5	PLL4	PLL3	PLL2	PLL1	PLL0
数据字节 3	STEREO	IF6	IF5	IF4	IF3	IF2	IF1	IF0
数据字节 4	LEV3	LEV2	LEV1	LEV0	CI3	CI2	CI1	CI0
数据字节 5	———	———	———	———	———	———	———	———

表8 各符号代表含义

符号	含义
RF	准备好标志:RF=1,有一个频道被搜到或者已到波段极限,RF=0,没有频道被搜到
BLF	波段极限标志:BLF=1,已经搜索到达波段极限,BLF=0,搜索没有到达波段极限
PLL13−0	当前频率的 PLL 值
STEREO	立体声标志:STEREO=1,接收到立体声,STEREO=0,接收到单声道
IF6−0	中频计数器结果,正确调谐时值在 31H−3EH 之间
LEV3−0	RF 信号强度 ADC 输出
CI3−0	芯片验证号

硬件构成

单片机本着够用和易购的原则,采用 Atmel 的 89C2051,具有 128B 的 RAM 和 2KB 的 ROM。晶体振荡器选用 8MHz。收音模块使用成品 TEA5767HN 模块,设定为 I^2C 通信方式,SDA 接 P3.0,SCL 接 P3.1,都要加 47kΩ 上拉电阻。显示频率采用红色 4 位共阳数码管,P1 做段码输出,P3.2~P3.5 做位选输出。按键与数码管共享 P1 口,并另用 P3.7 控制按键。仅设两个按键做向上/向下选台,选台步进设定为 0.1MHz。功放采用 TDA2822,工作电压 1.8V~9V,在5V供电时可以在8Ω负载上得到大约0.25W的功率。由于 TEA5767HN 输出信号为 75mV 左右,而 TDA2822 在 5V 供电时,输入 30mV 即达到最大功率输出,所以,另加了 33kΩ和 15kΩ电阻对 TEA5767HN 输出信号进行衰减以避免输出失真过大。原理图参见图 2。

插入外负内正的 DC 电源后,打开电源开关,系统自动调谐到 104.3MHz,数码管显示当前电台频率,短按向上/向下键可以向上/向下进行频率调整,每按一次调整 0.1MHz。按住不放超过0.5s,则进行向上/向下搜索电台,搜索到电台后自动停止。搜索过程中,数码管显示接收的频率。频率调整到波段极限后,自动转到波段的另一端频率进行接收。

软件设计

软件采用汇编语言编写,分按键扫描子程序、显示子程序、TEA5767HN 控制子程序等。

由于单片机 I/O 口数量的限制,因此按键硬件上设计为与数码管共享,另用一个 I/O 口(P3.7)进行按键的控制,以避免按键按住不放时对显示的影响。在每个按键上串接一个二极管,这样即使两个按键同时按下,对显示也没有任何影响。但是这样设计,当 P3.7 设置为低电平,P1 输出 0FFH,有键按下后,按键端口上的电压还是有大约 0.7V 的电压,所幸单片机可以正确识别这个电压为 0。

在按键扫描子程序中,首先把数码管的位选设置为 1 以关闭显示,然后把 P1 口全部设置为 1,把按键控制端口 P3.7 设置为 0,再读取 P1 口。如果没有按键按下,读得的数将是 0FFH。如果有按键按下,读得的数会是其他数,在程序中进行判断即可得出按键键值。按键扫描子程序占用 2 个标志位,2 个RAM。采用一个标志位做按键按下标志,

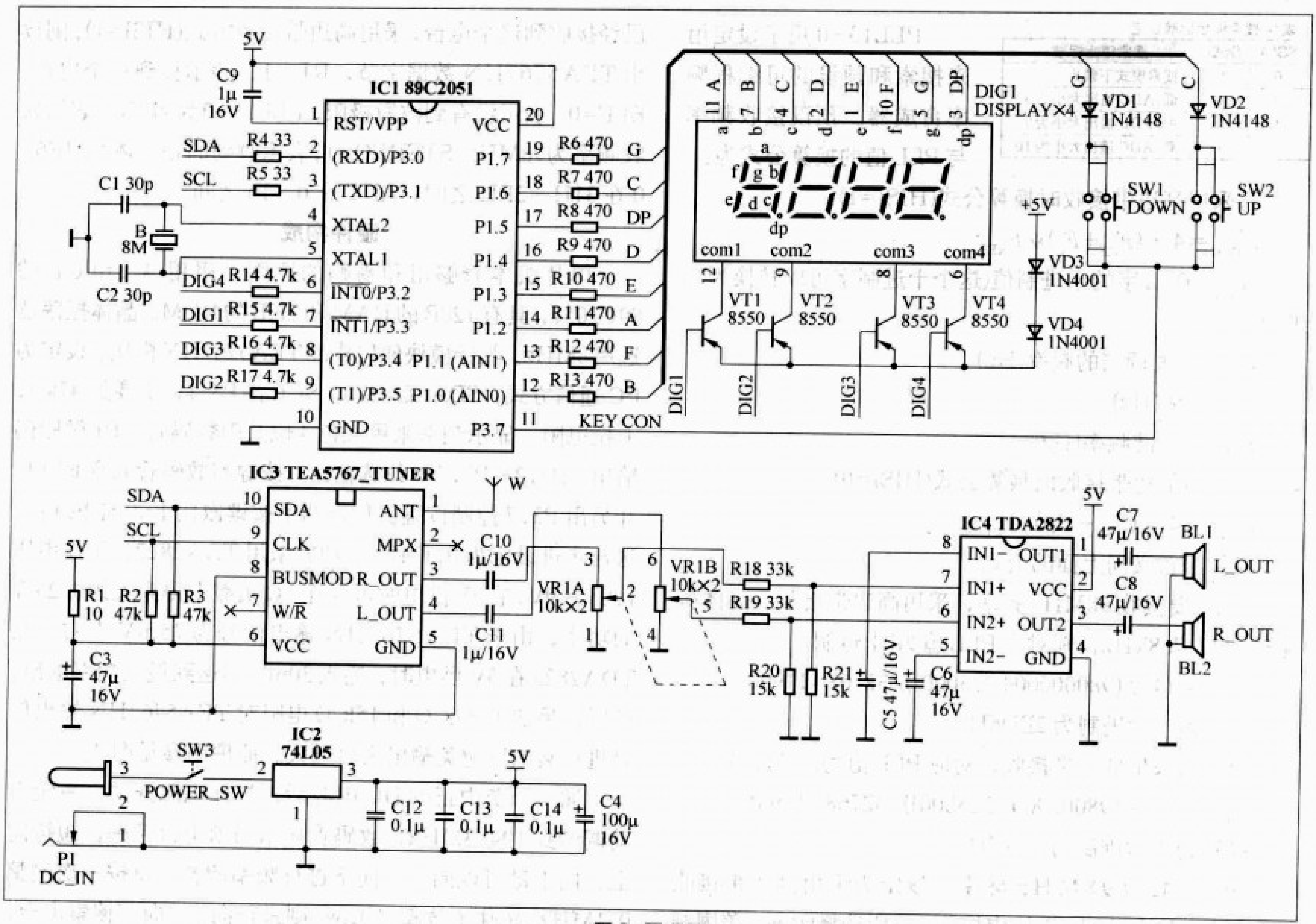


图2 原理图

一个标志位做按键释放标志，一个RAM做按键去抖动缓冲，一个RAM做按键按下时间缓冲。详细可以参考程序。按键扫描取得键值后，如果是按键短按，则进行对收音模组进行0.1MHz的频率调整；如果是按键长按，则对收音模组进行向上/向下自动搜索。

显示子程序仅把频率缓冲(十六进制)分离成十进制单位数值，然后依次显示在四位数码管上，比较简单，不做详细介绍，请参考程序。

TEA5767HN控制子程序由几个功能模块组成。包括I²C通信模块，TEA5767HN向上搜索模块，TEA5767HN向下搜索模块，频率值转换为PLL值模块，PLL值转换为频率值模块等。

I²C通信协议在各电子杂志，教课书上均有介绍，不再做详述，请参考程序或者其他书籍。

在设定接收频率时，需要把频率转换为PLL值，可以直接用C语言写出换算公式，进行反编译得到对应的汇编代码，然后嵌入到程序中使用。但经实际使用发现，这样得到的代码仅进行频率–PLL值转换就需要14ms的时间(晶体振荡器频率11.0592MHz)，代码长度在550字节左右，因此没有使用这种方法，而是使用汇编语言查表方式进行频率–PLL值的转换。即预先把PLL值按87.5MHz～108MHz进行排列，程序中按频率值查出对应的PLL值。采用编查表方式代码长度700字节左右，运行时间大约需要500μs，因此最终还是使用汇编语言查表方式进行频率–PLL值的换算。

PLL值–频率的换算是采用算术进行转换的。把频率值和PLL值列成一张表，可以看出每隔0.1MHz，PLL值大约相差12(十进制值)，而接收频率在87.5MHz时对应的PLL值是29D4H，因此，仅需把读出的PLL值减去29D4H，然后除以12，再加上87.5MHz，就是当前的频率。然而实际上，需要考虑到每隔0.1MHz并不完全相差12，因此需要做微小的调整，详细情况可以参考程序。

进行自动搜索时，使用的是TEA5767HN的搜索功能。需要注意的是SSL设定的值将影响搜索到的电台数量。只有接收到的电台RF信号ADC值大于设定的SSL值时，才会停止搜索。SSL设定值大，则弱信号电台有可能无法搜索到，使得搜索到的电台数量偏少；SSL设定值小，有可能电台的镜像频率（假台）也会接收到，因此，要选取合适的

SSL 值以得到期望的搜台效果。

我实际的程序搜索电台的过程简述如下：

1.首先送入合适的PLL值进行搜索，每隔50ms左右读取一次TEA5767HN的值。如果RF标志位=1表示收到电台，如果RF=0则没有收到，等待50ms后再次读取。直到RF=1。

2.RF=1后，再判断BLF是否=1。BLF=1说明是搜索到波段极限而停止的，需要重新设定搜索频率重新搜索。BLF=0，表示没有搜索到波段极限。

3.BLF=0，再判断STEREO是否等于1。STEREO=0表示收到的不是立体声电台，需要在当前频率值调整0.1MHz后重新搜索，STEREO=1表示搜索到一个立体声电台。

4.STEREO=1，需要再判断IF计数器值是否在31H～3EH之间。如果不在31H～3EH之间，则在读出的频率基础上调整0.1MHz重新搜索，如果IF计数器值在31H～3EH之间，才表示正确的搜索到一个电台。

由此看出，自动搜索时需要判断的标志位比较多。STEREO标志和IF计数器值的检验主要是防止收到假台，因为假台是立体声的比较少。如果仅用RF和BLF标志，而不使用STEREO标志和IF计数器值，那么将会搜索到很多假台。但是这样一来，单声道的电台将会被忽略。好在大多数FM电台都是立体声的，因此对实际使用影响比较小。如果你所在的地区有单声道发射的电台，请略去检测STEREO标志或者不使用自动搜索而使用手动搜索。

主程序比较简单，仅反复调用按键扫描子程序和显示子程序，并判断按键没有按下的时间是否等于1分钟，如果等于1分钟，将关闭数码管的显示以节约电量。

全部程序参见本期配刊光盘。其中Radio.asm为主程序，TEA5767_PLL_FRE.ASM为频率-PLL表，Radio.h为RAM定义文件。在Radio.asm中使用Include指令包含TEA5767_PLL_FRE.ASM和Radio.h。

在Keil μVision2中打开TEA5767HN Radio.Uv2，进行编译得到HEX文件，大约1.5KB左右。将HEX文件用编程器写入AT89C2051中，插到板上即可运行。

使用效果

在最终使用中，考虑到收音模块可以工作在2.5～5V，AT89C2051也可以工作在2.7V～5V，所以略去5V稳压部分，直接使用手机锂电池进行供电。为进一步减少整机电流，在数码管供电端串接两个1N4001以降低数码管工作电压。并在软件中设置为无按键按下1分钟后关闭数码管显示，以降低电池的消耗。

实际测试在电池电压为3.9V时，收音模块大约消耗10mA电流，AT89C2051大约消耗10mA电流，数码管大约消耗12mA电流。接入一个8Ω扬声器，数码管点亮，整机静态功耗在50mA左右。

实际运行时的照片见图3。

笔者在深圳宝安区福永镇，在7楼房间内使用80cm拉杆天线，使用自动搜索可以接收到表9所列电台。

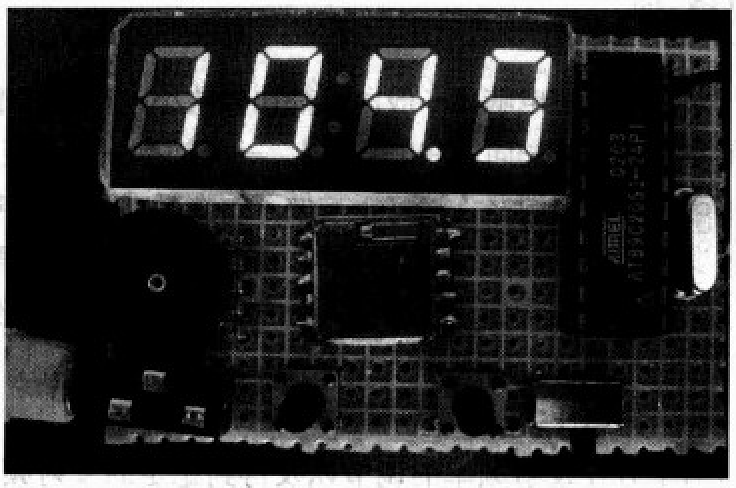


图3

表9

频率 (MHz)	电台	频率 (MHz)	电台
88.8	Happy Radio 快乐888	90.1	顺德广播
92.0	中国人民经济电台经济之声	93.6	广东电台健康频道
93.9	广东电台音乐之声第一台	96.7	中山电台
97.1	深圳飞扬971	97.4	珠江经济台
100.0	惠州电台	100.8	东莞电台新闻综合频道
101.2	中国音乐之声	101.7	番禺电台
104.3	深圳宝安电台	104.9	中央人民广播电台华夏之声
107.1	中国国际广播电台环球资讯	107.5	东莞音乐交通电台

还有一些频率由于没有记录电台名称，不一一列出。

从实际接收效果看，TEA5767HN接收效果尚可接受。

后记

本文仅介绍了TEA5767HN的简单应用，程序中仍有不少值得改善的地方，如未对搜索电台时间加以限制。因此，如果没有接入天线而进行自动搜索时，将可能因为收不到电台而不断进行搜索。如果有兴趣，可以加入搜索时间限制功能。在自动搜索时没有静音，因此，在自动搜索时将有较大的杂音出现，可以在自动搜索前静音，搜索到电台后再取消静音。如果把按键扩展为8个，同时在I^2C总线上接入AT24C02 E^2PROM，可实现电台的直接存储和读取，使用时更加方便。

在制作此收音机过程中，笔者参考了Philips公司TEA5767HN的Datasheet以及AN10133应用笔记，网址为：www.nxp.com/acrobat_download/datasheets/TEA5767HN_5.pdf，returmakeriet.se/twiki/pub/Main/DataSheets/application_note_tea5767-8.pdf。若你对TEA5767HN相关信息有疑问，请参考原厂资料。

微功率调频立体声无线转发器

文/魏 坤

大学宿舍的电脑桌一般面积都比较狭小，所以很难将电脑与有源音箱一同放在电脑桌上，一般都有一定的距离，为了避免麻烦的线路连接，于是做了这个微功率立体声无线转发器。不仅省去了连线的麻烦，而且有些音乐或英语听力稿之类的录音我们还可以一起分享，每人只要一部收音机便可以将宿舍组建成一个迷你听力教室。

一、方案比较

为了方便发射频率的调节以及得到稳定的发射频率，所以采用锁相环电路。在市场上容易买到的锁相环电路芯片有通用锁相环电路，如TB31202、GP214等型号。还有专门用于调频发射，内部集成有一整套调频调制器所需电路的专用芯片，如BH1415F、BH1417F等。

1.通用锁相环芯片

如果使用TB31202等通用锁相环电路，其优点是频带可以做得很宽（50MHz～500MHz），电路可以做得很灵活，但此类芯片仅仅是锁相环芯片，须要配合VCO（压控振荡器）和单片机（用于频率控制）才能工作，而且对高频电路和锁相环电路不是很了解的朋友来说调试也比较困难。在程序的编写方面也很复杂，因为它不仅要对可编程分频器进行控制、而且还要对参考频率分频器以及一些工作模式控制位进行控制，需要控制的位数多达30位以上。所以该类芯片广泛用于一些专业电台而不适合爱好者在业余条件下使用。

2.专用调频发射芯片

对于调频广播段的发射，若用BH1415F、BH1417F等专用调频发射芯片的话，电路的复杂程度将大大降低。BH1417F甚至不用单片机控制就可以工作，频率用拨码开关设置，但BH1417F的发射频点太少（只有14个），而且不能工作在校园频段，故不采用。而同门的BH1415F虽然需要单片机控制，但该芯片的工作频率为70.00MHz～120.00MHz，步进0.1MHz，所以有多达500个频点可供选择，频率控制数据却只有16位，相对于TB31202等通用芯片编程要简单得多。使用单片机控制可以很容易加上液晶显示器等显示器件，使电路更加人性化和和智能化，BH1415F的外围电路除单片机控制部分外和BH1417F一样简单，几乎不用调试便可正常工作，所以非常适合业余条件下爱好者制作调频发射电路用，故采用之。

二、电路介绍

该发射机发射频率范围为85.0MHz至90.0MHz，频带为5MHz，0.1MHz步进，支持两个预置电台频率快速切入。发射功率约3mW且在校园广播频段，故不会对其他无线电设备造成干扰。

单片机控制电路见图1，控制电路的PCB见图2。单片机采用AT89S52，电路为最小化应用电路。P0口和P3.4、P3.5、P3.6作为LCM1602液晶显示器驱动用。P3.0、P3.1、P3.2、P3.3四个口分别接S1、S2、S3、S4四个轻触

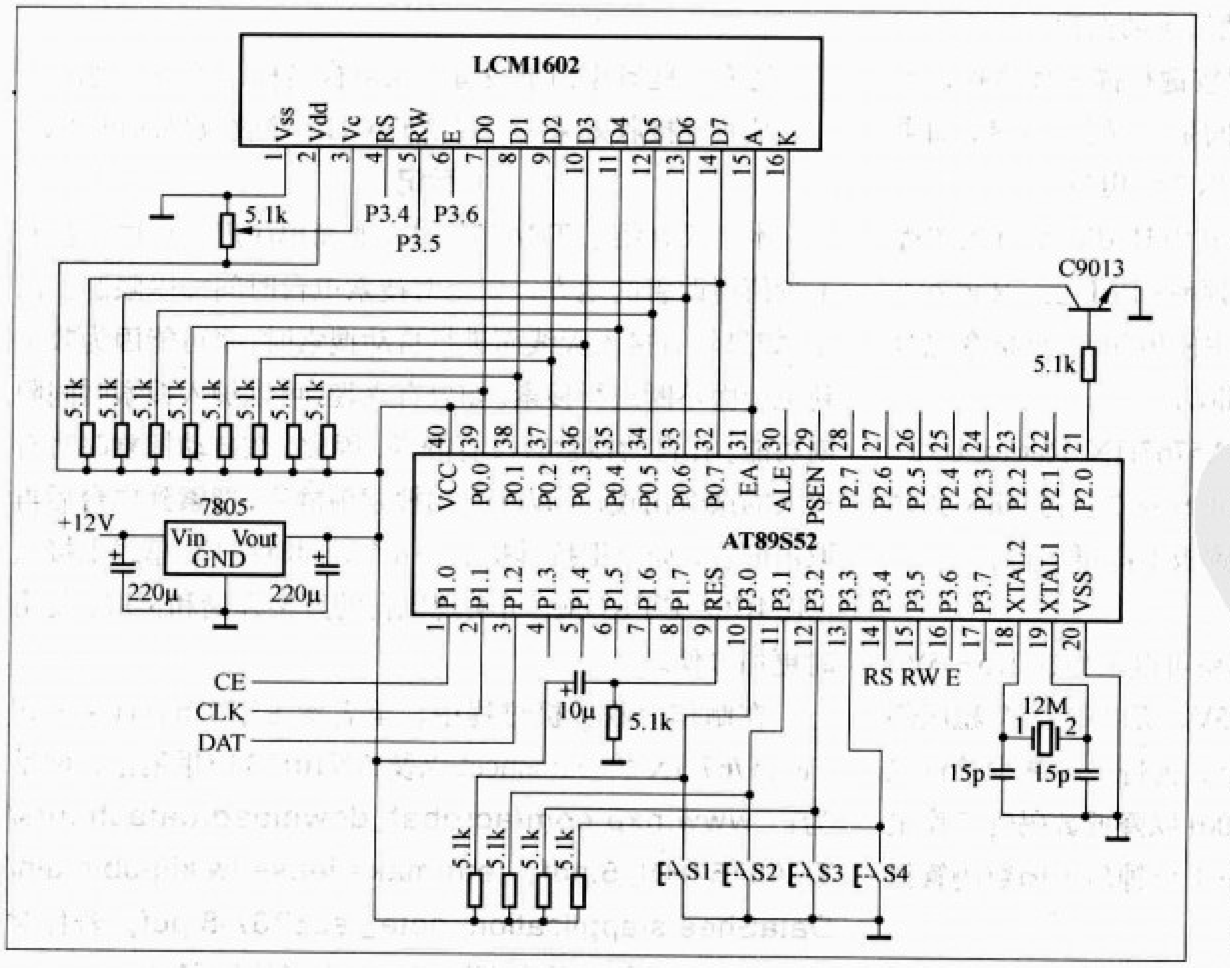


图1 单片机控制电路

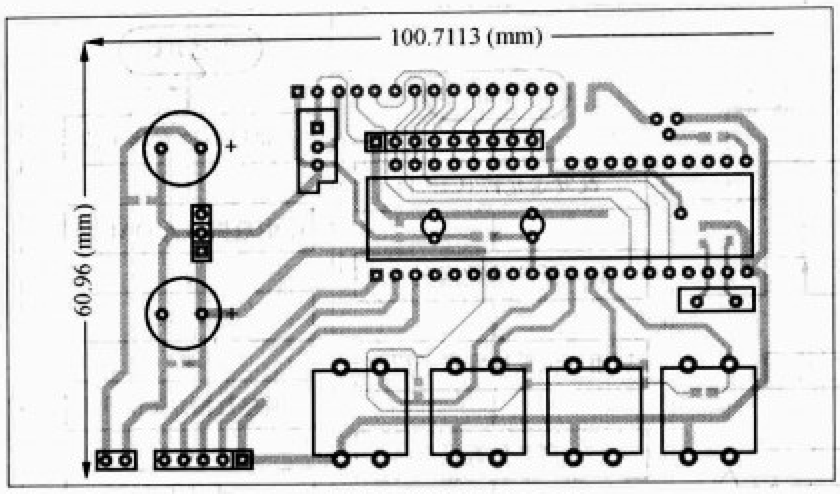


图2 单片机控制电路PCB

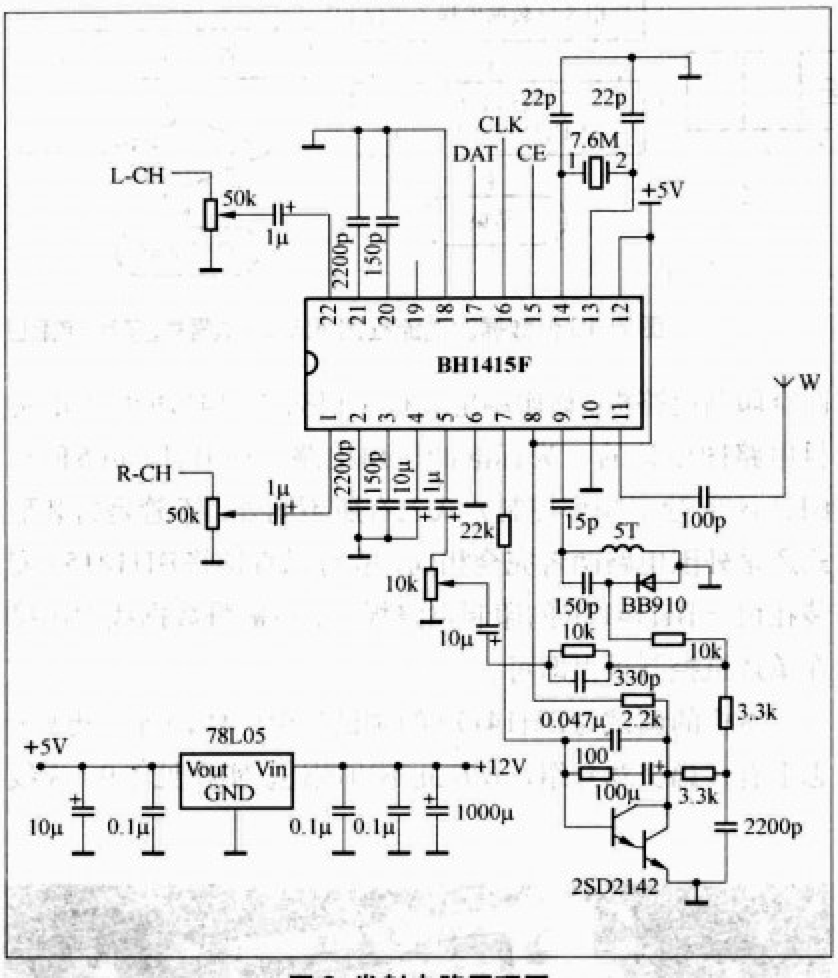


图3 发射电路原理图

按键，S1、S2为频率步进控制键，S3、S4为两个预置频率快速切入键。P1.0、P1.1、P1.2作为与BH1415F的通信端口，用于传送发射频率控制数据。单片机采用12MHz晶振，模拟串口通信。

调制发射部分原理图见图3，芯片采用前文所述的调频发射专用集成电路BH1415F，内含立体声信号调制，调频广播信号发射电路。BH1415F内有前置补偿电路，低通滤波电路等，因此，该发射机具有良好的音质与音色，内置PLL系统调频发射电路，传输频率非常稳定。调频发射电路由单片机通过串行的方式直接控制。BH1415F各引脚功能如附表所示。

BH1415F的频率控制码为16位，数据的传送格式如图4所示，其中D0～D10为频率控制数据，其值乘0.1即为BH1415F的输出频率（单位：MHz）；D11～D15为控制位。

附表 BH1415F引脚功能表

引脚	引脚功能描述
1	右声道音频输入，通过电容器与右声道音频信号连接
22	左声道音频输入，通过电容器与左声道音频信号连接
2,21	时间常数端，其连接一个2200pF电容
3,20	LPF时间常数端，其连接一个150pF电容
4	滤波器端，音频部分滤波器参考电压
5	立体声复合信号输出端
6	接地端
7	PLL鉴相输出端，连接PLL LPF电路
8	电源端
9	射频振荡器端，连接振荡电路，是振荡电路基端
10	射频接地
11	射频信号输出
12	PLL电源端
13,14	晶体振荡器，接7.6MHz晶振
15	串行数据使能端
16	串行数据时钟输入端
17	串行数据输入端
18	静音端
19	控制信号调节端

D11（MONO）为单声道/立体声控制位，0时为单声道发射模式，1时为立体声发射模式。D12（PD0）和D13（PD1）用于相位控制，通常为0，当分别为01或10时可使发射频率在最低和最高处。D14（T0）和D15（T1）位用于测试模式控制，通常为00，当为10时为测试模式。

三、程序设计

主程序流程图见图5，程序开始时向BH1415F与液晶显示器LCM1602发送初始频率控制数据，初始发射频率为85.00MHz。随后单片机开始扫描按键S1与S2，检查是否有按键按下，如果没有键被按下则继续循环检查。如果有按键按下，则继续判断是S1被按下还是S2被按下。如果是S1被按下则在原来的发射频率与显示基础上加0.1MHz的频率步进值，若原来的发射频率为90.00MHz，则直接将85.00MHz所对应的发射频率控制数据与所对应的显示数据分别发送给BH1415F和液晶显示器。如果是S2被按下则在原来的发射频率与显示基础上减去0.1MHz的频率步进值，若原来的发射频率为85.00MHz，则直接将90.00MHz所对应的发射频率控制数据与所对应的显示数据分别发送给BH1415F和液晶显示器。如果S1或S2按住不放，那么发射频率与对应的显示频率将会以频率步进值连续加或减，这样便实现了频率的步进与频率步进的循环。接在两个外部中断口上的按键S3和S4是两个预置频率的切入键，以中断的方式进行两个预置频率的快速切入，中断响应流程图见图6。本机的两个预置频率分别为85.70MHz（对应S3按键）和88.80MHz（对应S4按键），如果要改变这两个预置频率值，只需在两个中断服务子程序中改变相应的值即可。

根据图4所示的BH1415F频率控制数据输入时序图编写频率控制数据发送子程序，其流程图见图7和图8。由于BH1415F的发射频率在85.00MHz～90.00MHz之间时，对应的11位频率控制字为352H～384H，即最高位“3”在频

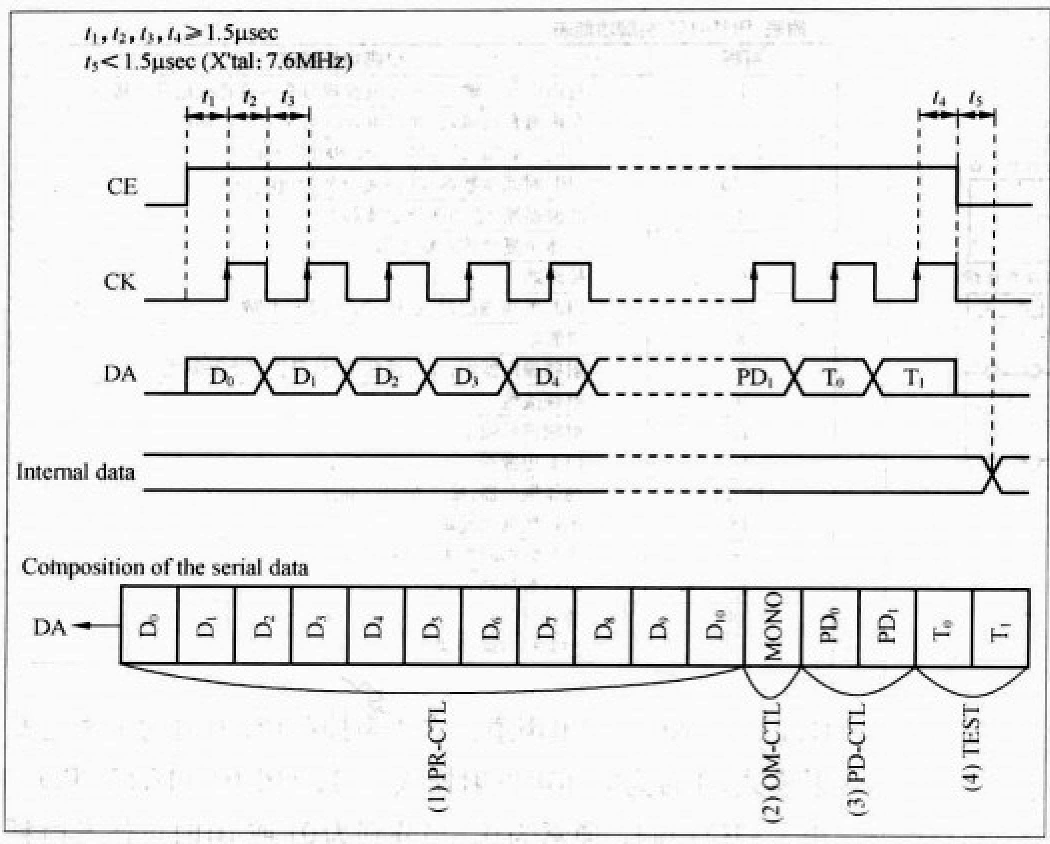
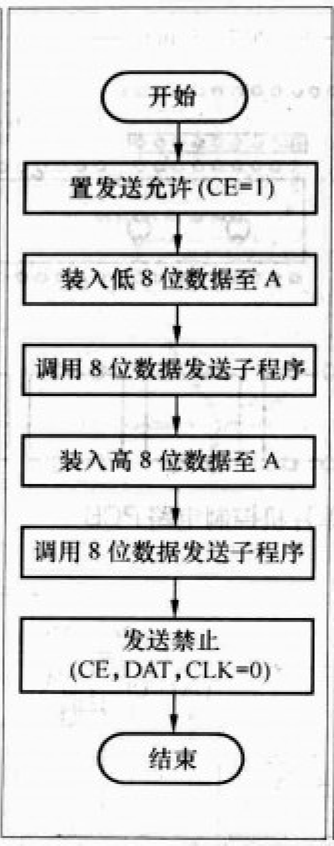


图 4 BH1415F 控制数据时序图



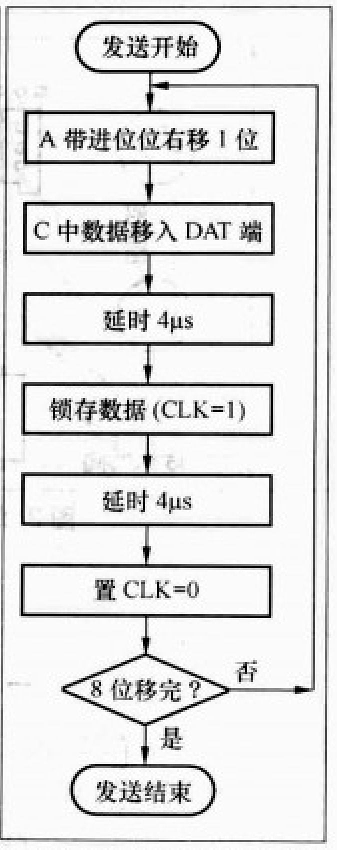


图 7 16 位数据发送流程图 图 8 8 位数据发送子程序流程图

率的变化过程中始终不变，而该位又恰好在 16 位控制数据的高 8 位中，所以在频率的变化中 16 位控制字的高 8 位始终不变，为 11010010。故将高 8 位数据作为一个常数，放在频率控制数据发送子程序的循环中，因此改变频率只需对 16 位控制字中的低 8 位进行加减 1 运算，这样可以大大降低程序编写的复杂度，源程序见本期配刊光盘。

四、元器件选择及调试

本电路所用的电阻均为 1/16W 的金属膜电阻，电容除电解电容外均使用瓷片电容，其余元件无特殊要求。发射电路的印制电路板是以 5 元的价格从网上邮购的 BH1417F 用的双面空印制电路板。该印制电路板是根据 BH1417F 的 PDF 资料电路图设计的，为标准的应用电路，而 BH1415F 与 BH1417F 除了频率控制方式上有所不同外，不管是封装形式还是外围电路两者完全相同，故可以直接将 BH1415F 安装在用于 BH1417F 的印制电路板上，只需将数据线引出接在单片机控制板上即可。

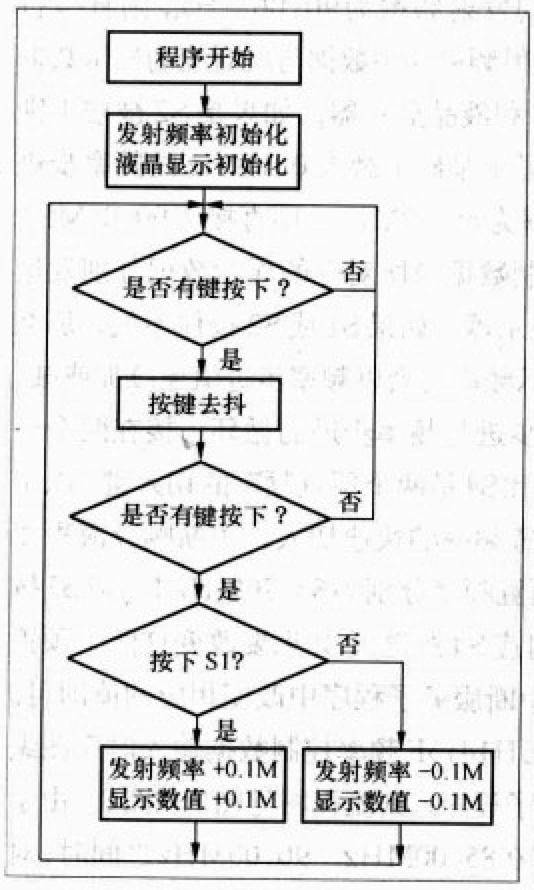


图 5 主程序流程图

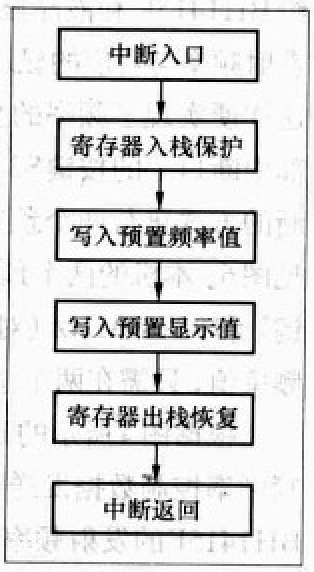


图 6 中断响应时序图

本机的调试与 BH1417F 的调试完全一样，《无线电》杂志上有多篇文章介绍，故在此不再阐述。实物见图 9，天线用 1 米长的拉杆天线，在空旷地发射距离可达 50 米，当然发射位置的高低也将直接影响发射距离。

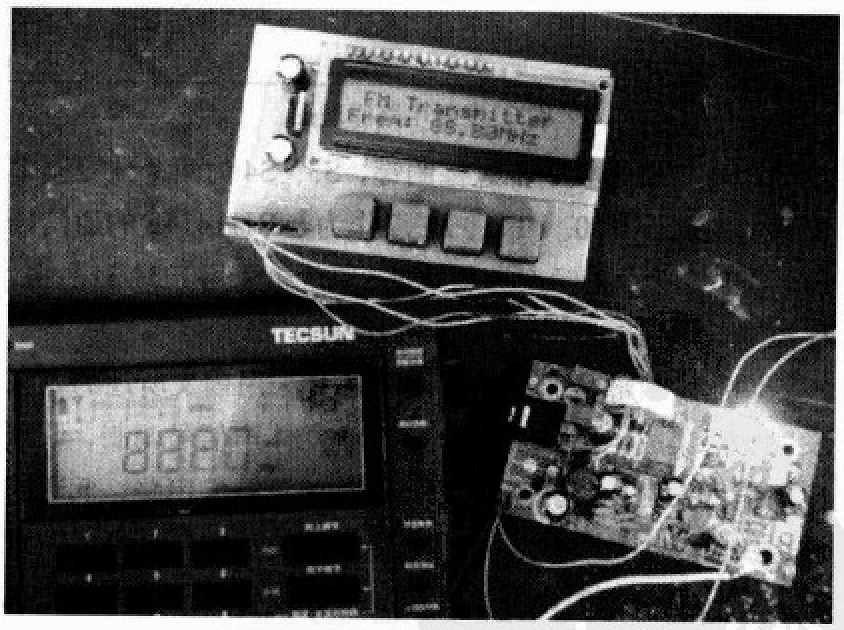


图 9 发射电路与收音机

虚拟仪器面面观

文/孙红生 崔德强

虚拟仪器是指具有虚拟仪器面板的个人计算机仪器，它是计算机资源、模块化功能硬件与数据分析软件及图形用户界面的应用软件的有机结合。它利用软件在屏幕上生成各种仪器面板，完成对数据的处理、表达、传送、存储、显示等功能。虚拟仪器的关键技术就是应用软件，这是因为虚拟仪器的主要功能是由软件来体现的，即“软件就是仪器”。虚拟仪器的功能和性能已被不断地提高，如今在许多应用中它已成为传统仪器的主要替代方式。随着PC、半导体和软件功能的进一步更新，未来虚拟仪器技术的发展将为测试系统的设计提供一个极佳的模式，并且在测量和控制方面都有无以伦比的强大功能和灵活性。可广泛应用于电子测量、振动分析、声学分析、故障诊断、航天航空、军事工程、电力工程、机械工程、建筑工程、铁路交通、地质勘探、生物医疗、教学及科研等诸多方面。

我们知道，任何仪器都基本上由三部分组成，即数据采集与控制、数据处理与分析、数据的显示。传统仪器是将这三部分放在一个仪器机箱内，而虚拟仪器则是一种功能意义上的仪器，是具有仪器功能的软硬件组合，它并不强调物理上的实现形式。虚拟仪器相对传统仪器的优势是显而易见的，概括起来有以下几个方面：

1．传统仪器图形界面小，人工读数，信息量少；虚拟仪器则展现图形界面，计算机直接读数、分析处理。

2．硬件是传统仪器的关键部分；而虚拟仪器中硬件仅是为了解决信号的输入输出，软件才是整个仪器的关键部分，其测试功能均由软件来实现。

3．传统仪器系统封闭，功能固定；虚拟仪器则是基于计算机技术的开放灵活的功能模块，可构成多种仪器。

4．传统仪器扩展性差，数据无法编辑；虚拟仪器数据可编辑、存储、打印。

5．信号每经过一次硬件处理都会引起误差；虚拟仪器与传统仪器相比减少了硬件的使用，因而减少了测量误差。

6．传统仪器价格高，技术更新慢（周期为5～10年），开发和维护费用亦高；虚拟仪器价格低（是传统仪器的1/5～1/10），而且可重复利用，技术更新也快（周期为1～2 年），基于软件的体系结构大大节省了开发和维护费用。

过去这类虚拟仪器，仅见于大学、科研单位和大企业，随着家用计算机的普及，这类仪器也逐渐摆上了电子爱好者的工作台，旧时王榭堂前燕，飞入寻常百姓家，以上6个优点中，对电子爱好者最重要的一条就是成本较低，这一特点让很多电子爱好者实现了多年的梦想，拥有了自己想要的仪器，实现了睁着眼睛看世界，同时也让电子爱好者的自制仪器上了一个新的台阶。下面介绍一些简单易制的虚拟仪器，供电子爱好者参考，以期提高电子爱好者的制作水平。

信号发生器

在音频范围内，计算机的声卡可以完成很多检测分析工作，最简单的要数音频信号发生器了，只要自制一个如图1所示的简单接口电路，接入声卡的耳机或线路输出口就可以使用声卡来调试各类音频设备，比简单的信号发生器提供了更丰富的测试信号，图中元件主要起对计算机的保护作用。软件可以从www.sunxd.com/software/ttg.exe下载，运行后界面见图2。这个软件提供了正弦波、三角波和方波3 种波型，可以调整信号的强度和频率，而且还提供了频率连续变化的信号发生模式。

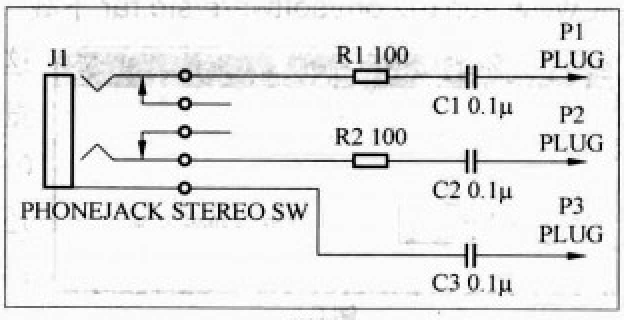


图1

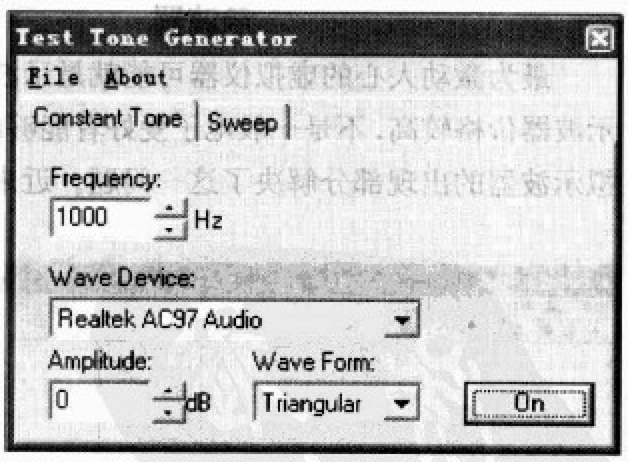


图2

信号寻迹器

基于声卡的信号寻迹器是最简单的一种应用，他不需要任何软件，只是利用了声卡的放大功能，图3的电路适用于双音频通道的检测，图4的电路高低频通吃，可以配一节5号电池做成笔式检测器，用于收音机等电器的检修。

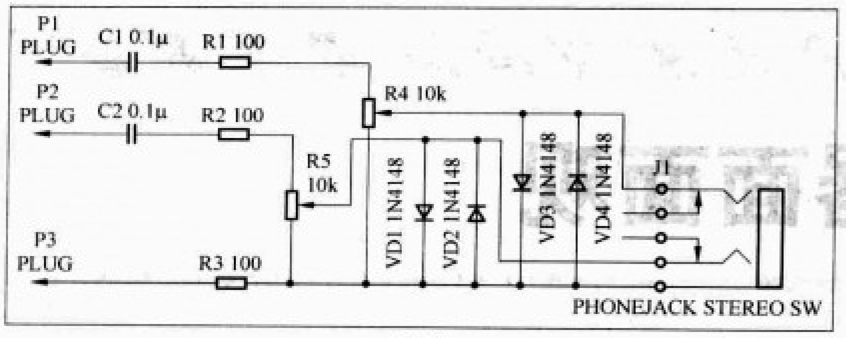


图3

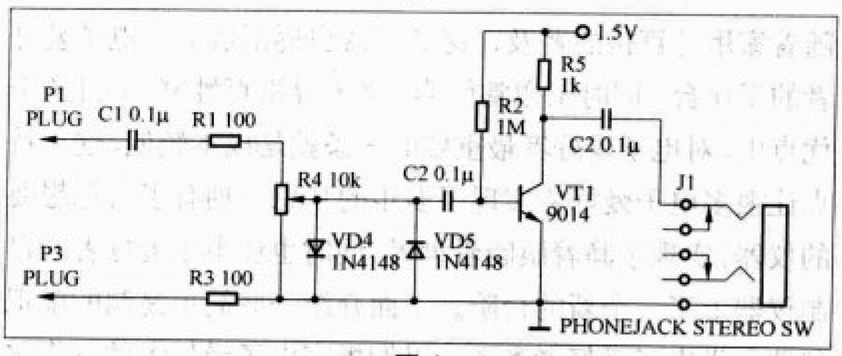


图4

频率计

用图8所示的软件加上图3的电路就可以测量音频范围内的信号频率。电子方面的杂志上近年介绍频率计制作的文章也比较多，它们大多自己带有显示电路，图5是笔者自制的一款带有串口的使用计算机显示的频率计，软件可以从www.sunxd.com/software/sfc.rar下载，运行后见图6。

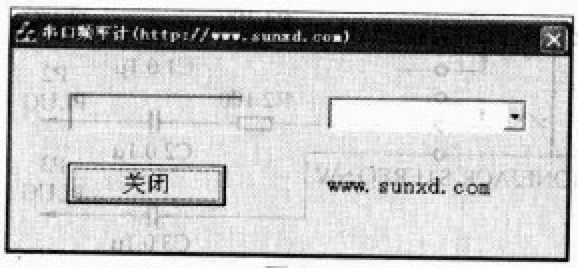


图6

这款频率计的测量范围大致在0~35MHz，同时还提供了晶体振荡器测试功能。

示波器

最为激动人心的虚拟仪器可能就是示波器了，传统的示波器价格较高，不是一般电子爱好者能够配备得起的，虚拟示波器的出现部分解决了这一问题。近来各类电子杂志介绍了一些可以自制的廉价的虚拟示波器，《无线电》2007年第5、6、10期分别介绍了并口、串口和USB接口3种代表性的简易虚拟示波器，读者可以参考相应的文章，特别是其中的USB接口的虚拟示波器，使用非常方便，无需外接电源，即插即用，只要计算机具有USB接口，运行Windows类操作系统即可，既可测波形，又可给出频率和峰峰值，软件运行效果见图7。

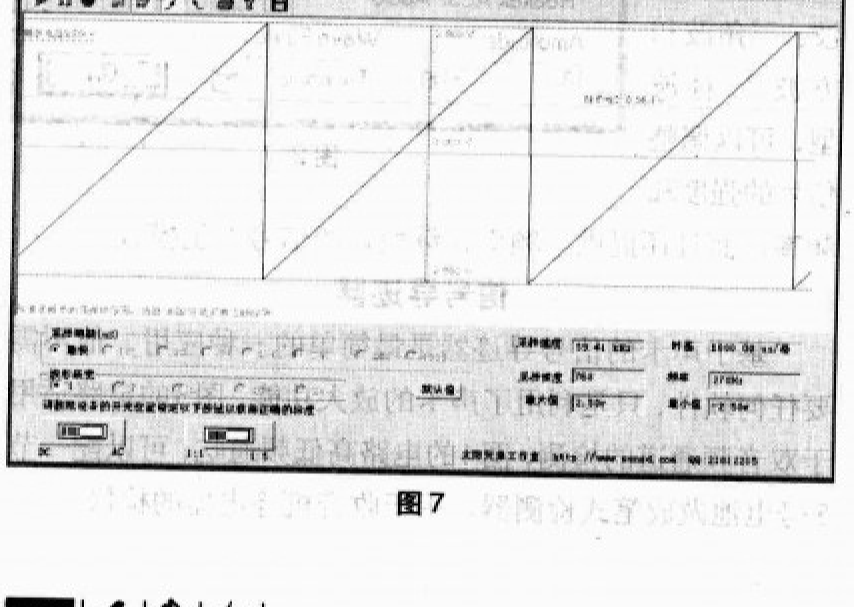


图7

最简单的虚拟示波器是基于声卡的虚拟示波器，可以

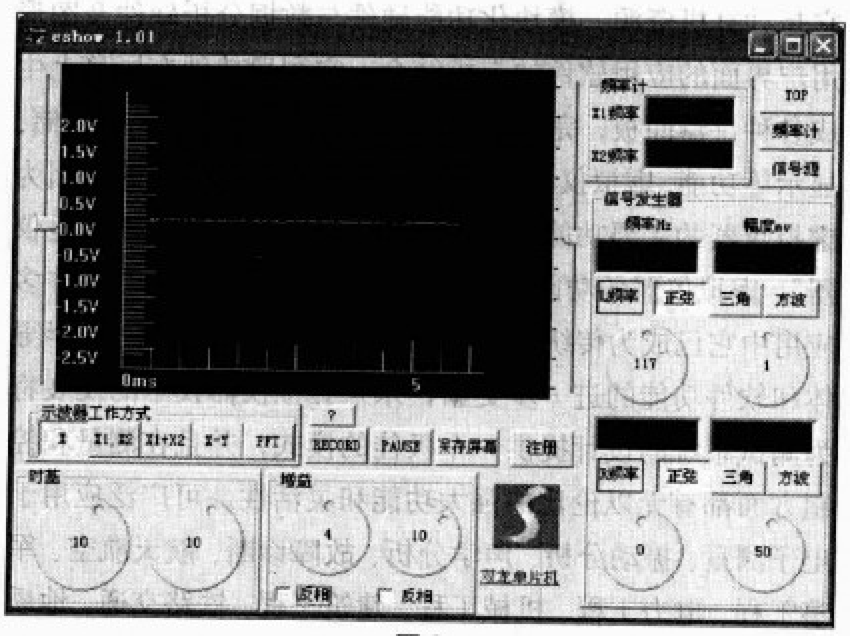


图8

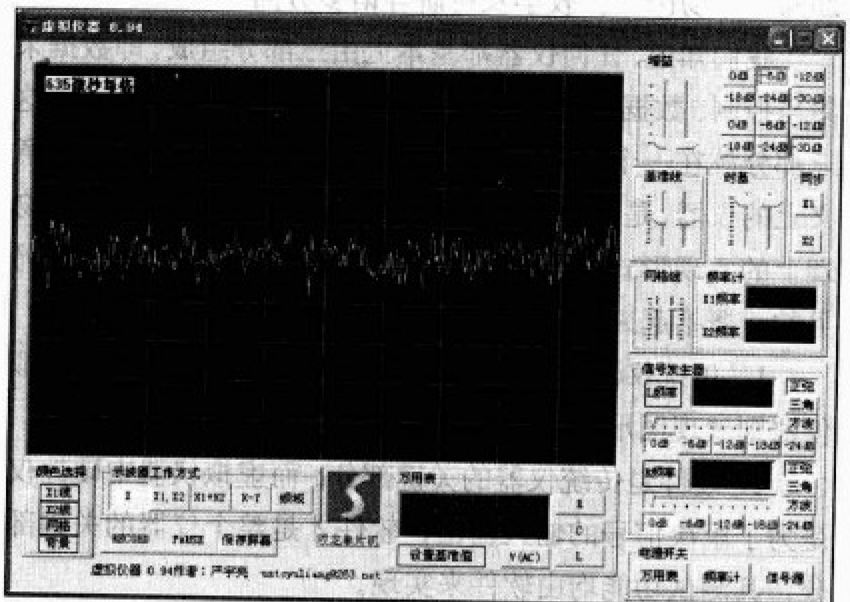


图9

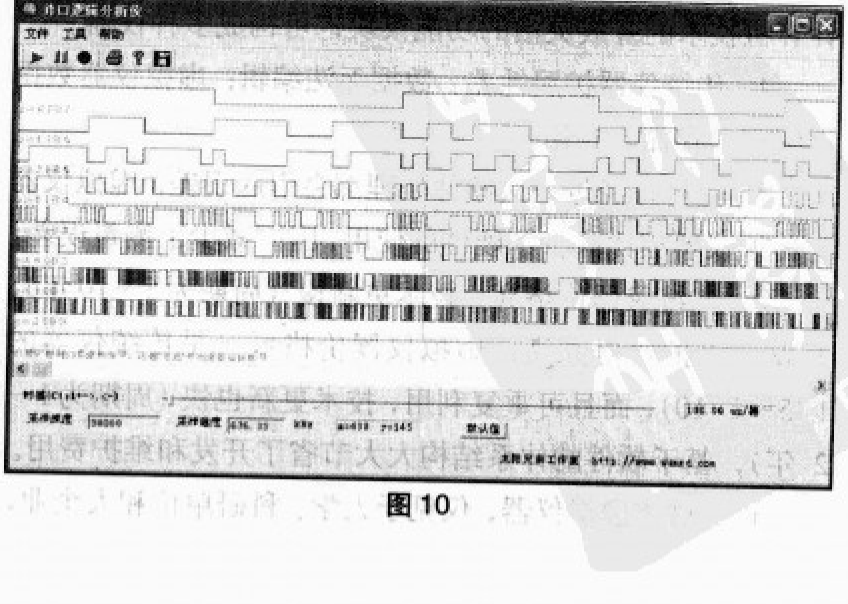


图10

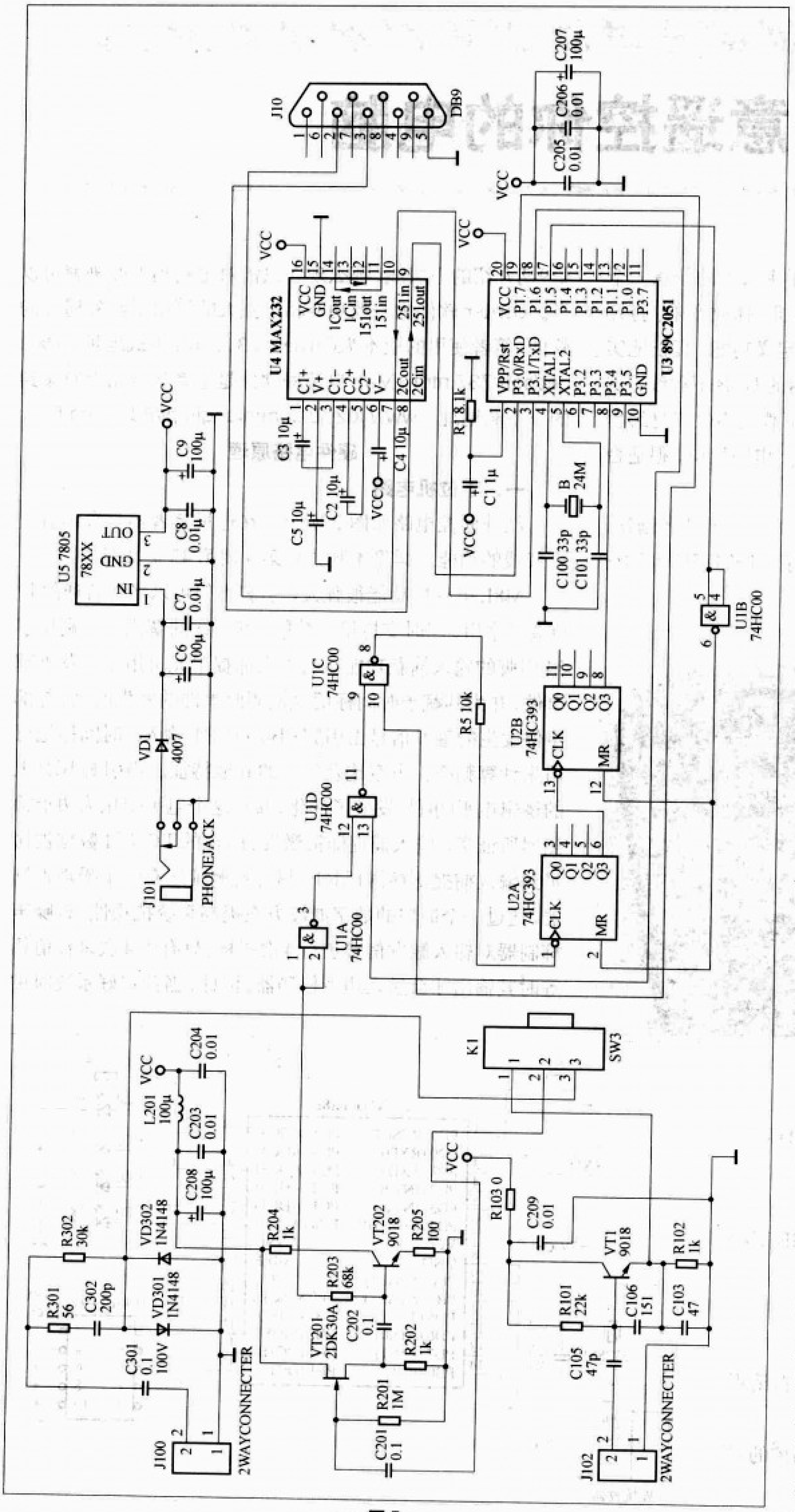


图5

采用图3的电路，接入声卡的MIC口或线路输入口即可，软件可以从www.sl.com.cn/down/download/others/4052[1].zip 和 www.sl.com.cn/down/download/others/Vtools.zip 下载，运行后见图8、图9，与前几款示波器相比，主要是不能测量直流信号和不能定量测量。

更高档的示波器可以参考 www.bitscope.com（可能需要代理才能访问），这是一款采样频率达40MHz的虚拟示波器，不过业余条件下自制可能有一些困难，成本较高。

逻辑分析仪

逻辑分析仪在数字电路的制作和调试过程中是一种非常重要的仪器，虽说可以用逻辑笔来测量数字电路，但逻辑笔只能给出高、低电平和有无脉冲的指示，逻辑分析仪却可以给出多路信号的逻辑电平状况，《电子报》2007年第12期给出了一款并口虚拟逻辑分析仪，电路非常简单，软件可以从 www.sunxd.com/software/LPTanalyzer.exe 下载，运行后见图10，这款逻辑分析仪可以同时分析8路信号，同时可以测量各路信号的频率、周期，采样率依据计算机的不同而不同，一般在600kHz～700kHz之间，价格与逻辑笔相仿，是一款非常实用的虚拟仪器。

虚拟仪器的各种优点让用户可以放心地舍弃旧的传统测量设备，接受更新型、以计算机为基础的虚拟仪器系统。由于计算机的性价比不断提高，使虚拟仪器的价格更为大众化，用户不必再受限于传统仪器的使用限制和昂贵的价格，进一步降低了使用成本，减少了系统的开发费用和系统的维护费用。此外，新型笔记本电脑又把虚拟仪器的便携性和强大功能推向一个新的水平。所有这些必将加快虚拟仪器的发展，使它的功能和应用领域不断增强和扩大。

任意遥控你的电脑

文/王晓波

本文介绍的电路和软件，能让你用手头上的任意一个电视机遥控器来控制你的电脑，实现关机、播放音乐、打开程序、调节音量及键盘功能，还可以自定义功能，真正地实现任意遥控。同时它还是一款非常好用的USB下载线，支持在线编程和软件升级，从而让你的下载线不仅仅是编程工具，而且是你休闲和娱乐时的好帮手。电路简单，很适合初学者制作。

图1是笔者制作的完整的实物图，为了方便读者制作，本期配刊光盘中有本电路完整的源程序、烧写程序等详细资料。

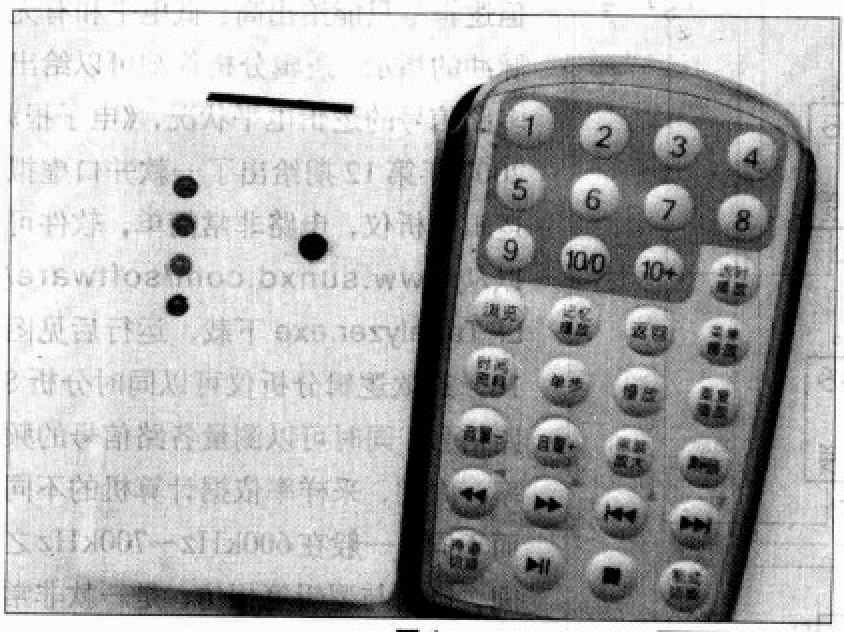


图1

制作前必备的工具和软件

现在你只需要具备以下工具和软件，就可完成上述功能。

1.电视机遥控器一个

2.遥控信号解码/转发电路（USB下载线）

3.一体化红外接收头

4.Girder软件

5.ATmega8L（以下简称M8L）自编程软件

6.一台带USB接口的电脑（被遥控的对象）

如果读者做过笔者在《无线电》2007年第9期介绍的下载线，那么现在只需对电路稍加改进就可以了。Girder软件为一款功能相当强大的可用于红外遥控的软件，笔者使用的版本为Girder V3.3.1c，下载地址：wtxz.net/soft/737.htm。M8L自编程软件是笔者从网站上收集到的，下载地址：www.jdzyjs.com/dianqi/dpj/8815.html。

硬件电路原理

一、下位机电路

红外遥控电路如图2所示，在这里笔者不再介绍有关下载线的功能，详见本刊去年第9期第43页文章。

M8L单片机功能很强大，引脚不但可以当作普通的I/O端口来用，同时支持第二功能，红外线的解码正是利用了14引脚的输入捕获功能。其输入捕捉单元可用来捕获外部事件，并为其赋予时间标记以说明此事件的发生时刻。外部事件发生的触发信号由引脚PB0（ICP）输入。时间标记可用来计算频率、占空比及信号的其他特征。当引脚ICP上的逻辑电平(事件)发生了变化，并且这个电平变化为边沿检测器所证实，输入捕捉即被激发，16位的TCNT1数据被拷贝到输入捕捉寄存器ICR1。另外检测前还有一个噪声抑制器，通过一个简单的数字滤波方案提高系统抗噪性。该噪声抑制器对输入触发信号进行4次采样，只有当4次采样值相等时其输出才会送入边沿检测器。因此，当预定好系统时钟

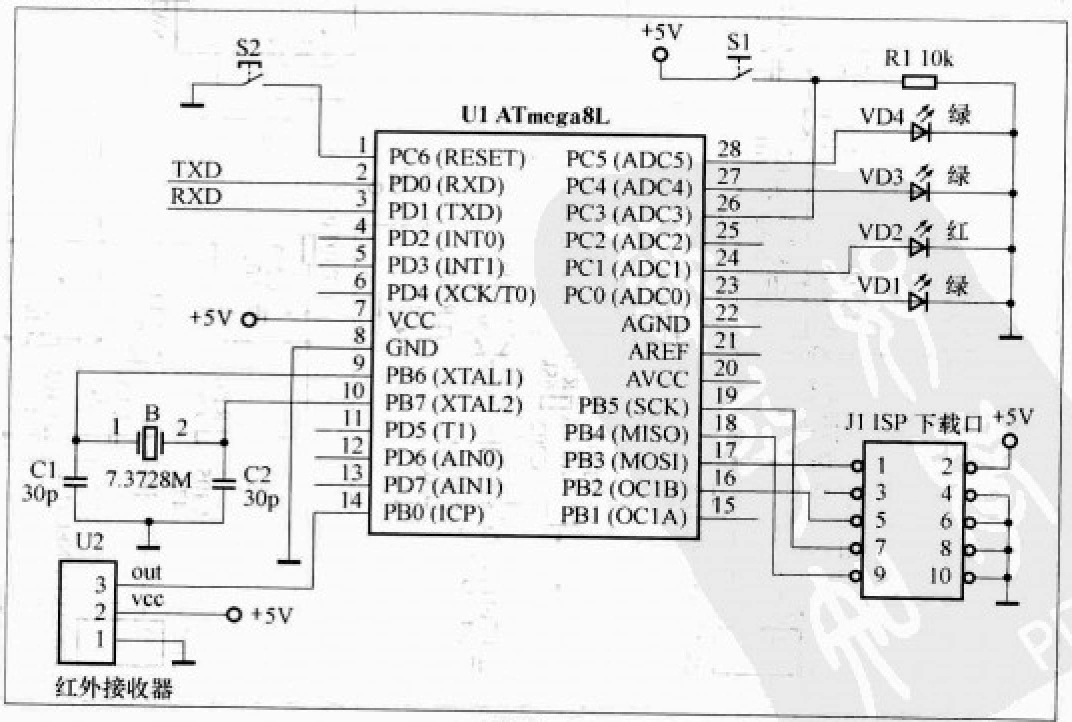


图2

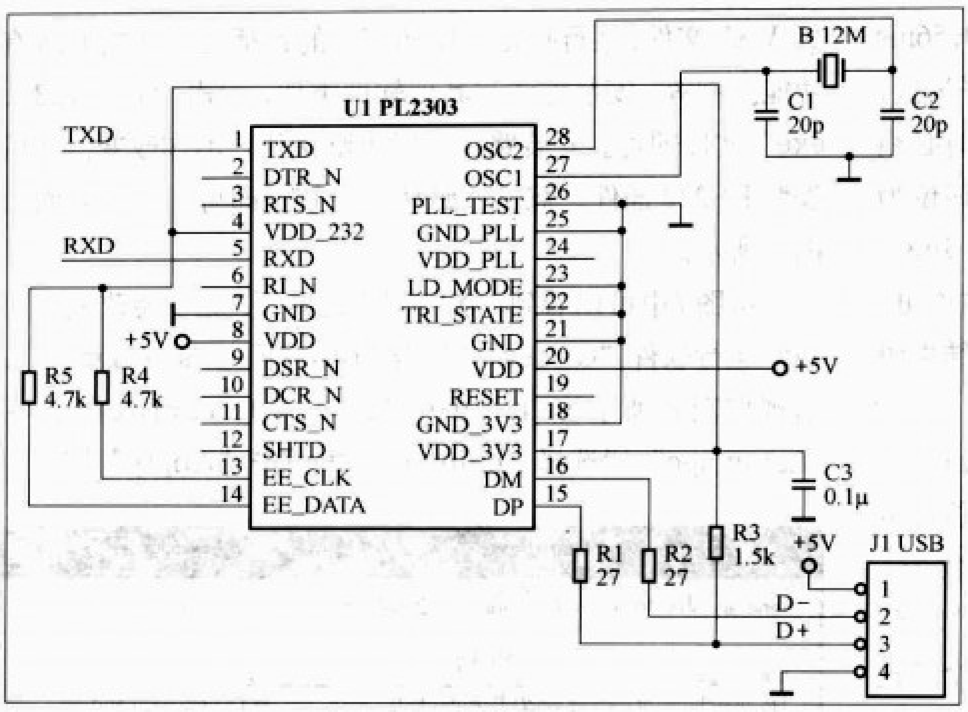


图3

的分频比，每次输入捕获成功时读取ICR1的值，也就是发生捕获事件时计数器的值，就可算出相邻两个脉冲的时间。

二、与PC机的通信电路（PL2303的用法）

PL2303为28脚贴片SOIC封装，工作频率为12MHz，符合USB1.1通信协议，可直接将USB信号转为串口信号。波特率从75到1228800，有22种波特率可供选项，支持5，6,7,8,16共5种数据比特位，是一款相当不错的USB转串口芯片，可完全代替电脑上固有的串口，同时支持热插拔，不会损坏主板，很适合笔记本没有串口的用户。PL2303接线图见图3。

三、红外遥控接收电路

1.遥控发射器的编码

遥控发射器专用芯片很多，根据编码格式可以分成两大类，这里我们以运用比较广泛，解码比较容易的一类来加以说明。当发射器按键按下后，即有遥控码发出，所按的键不同遥控编码也不同。这种遥控码具有以下特征：

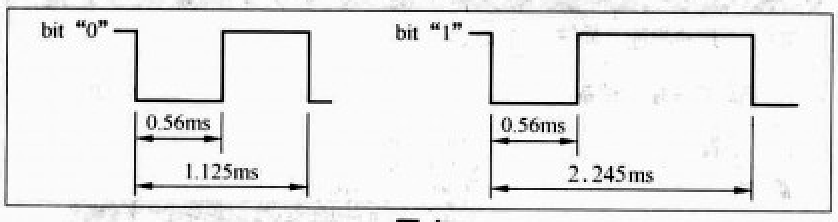


图4

采用脉宽调制的串行码，以脉宽为0.565ms、间隔0.56ms、周期为1.125ms的组合表示二进制的“0”；以脉宽为0.56ms、间隔1.685ms、周期为2.245ms的组合表示二进制的“1”，其波形如图4所示。

上述“0”和“1”组成的32位二进制码经38kHz的载频进行二次调制以提高发射效率，达到降低电源功耗的目的。然后再通过红外发射二极管产生红外线向空间发射，波形如图5所示。

当遥控器在按键按下后，发出一串32位二进制码，周期约为108ms。连续的32位二进制码组中，其中前16位为用户识别码，能区别不同的电器设备，防止不同机种遥控码互相干扰。后16位为8位操作码（功能码）及其反码，最多有128种不同组合的编码。当一个键按下超过36ms，振荡器使芯片激活，将发射一组108ms的编码脉冲，这108ms发射代码由一个起始码（9ms），一个结果码（4.5ms），低8位地址码（9ms～18ms），高8位地址码（9ms～18ms），8位数据码（9ms～18ms）和这8位数据的反码（9ms～18ms）组成。如果键按下超过108ms仍未松开，接下来发射的代码（连发代码）将仅由起始码（9ms）和结束码（2.5ms）组成。

2．红外遥控接收

红外接收采用一体化红外接收器。一体化红外线接收器是一种集红外线接收和放大整形于一体，不需要任何外接元件，就能完成从红外线接收到输出与TTL电平信号兼容的所有工作，而体积又很小巧，它适合于各种红外线遥控和红外线数据传输，广泛用于电视机、卫星接收机、VCD、DVD、音响、空调等家用电器中接收红外信号，图6是一体化接收头的引脚排列图。

3．单片机M8L解码

解码的关键是如何识别“0”和“1”，从位的定义我们可以发现“0”、“1”均以0.56ms的低电平开始，不同的是高电平的宽度不同，“0”为0.56ms，“1”为1.685ms，所

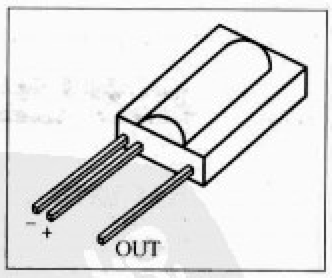


图6

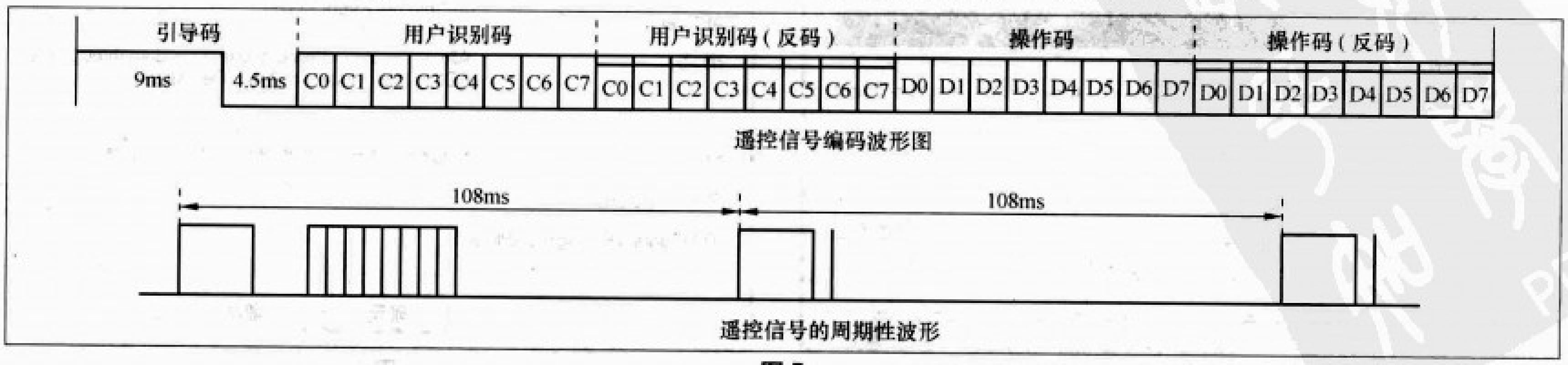


图5

以必须根据高电平的宽度区别“0”和“1”。如果从0.56ms低电平过后，开始延时，0.56ms以后，若读到的电平为低，说明该位为“0”，反之则为“1”，为了可靠起见，延时必须比0.56ms长些，但又不能超过1.125ms,否则如果该位为“0”，读到的已是下一位的高电平，因此取（1.125ms+0.56ms）/2=0.84ms最为可靠，一般取0.84ms左右均可。根据码的格式，应该等待9ms的起始码和4.5ms的结果码完成后才能读码。

由红外编码可知，二进制的“0”的时间为1.125ms，二进制的“1”的时间为2.245ms，设定M8L内部16位计数器为8倍系统时钟分频，每1ms计数器计数个数为：7372800/8/1000=921.6。从而可以算出每个二进制“0”到来时，计数器计数值为：921.6×1.125≈1036，每个二进制“1”到来时，计数器计数值为：921.6×2.245≈2068。因此，每次捕获发生时读取ICR1的值就可区分“0”和“1”。根据此原理依次可算出引导码的时间，连续数据时间。为了减去数据采集时的误差以及外部因素的影响，因此，M8L计数器的值实际上在一定的范围内变化，如附表所示。

附表

数据	持续时间(ms)	ICP计数器值范围
二进制数据“0”	0.56+0.565=1.125	936～1136
二进制数据“1”	0.56+1.685=2.245	1968～2168
引导码	9+4.5=13.5	12341～12541
连续数据	9+2.25=11.25	10268～10468

软件的使用

一、Girder遥控软件的使用

1．安装软件

这是一个非常优秀的PC红外遥控软件，它的软件功能包括：记录系统中的事件、键盘模拟、鼠标移动、点击（单击和双击）、窗口、监视器电源管理（开启/关闭...）、关闭主机电源、关闭WINDOWS、中止程序、重新启动、播放WAV文件、运行指定程序和声卡的包括音量在内的所有功能控制等。安装方法与其他软件类似，双击“Girder331.exe”文件即可。安装路径一般用默认值，不作改变。然后安装RS232插件，双击按默认路径解压即可。运行界面如图7所示。

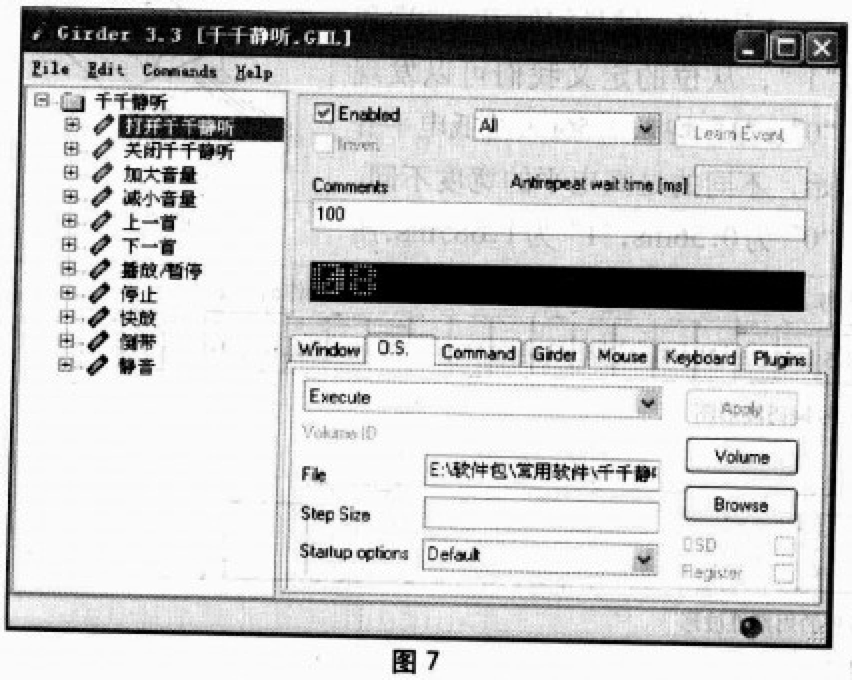


图7

从图7中可以看到，软件为英文界面，能不能改成中文呢？运行软件“Girder”，单击“file”下的“settings...”，出现如图8所示窗口，单击“User Interface”，在“Language”栏选择“chinese”，再单击“Apply”即可。

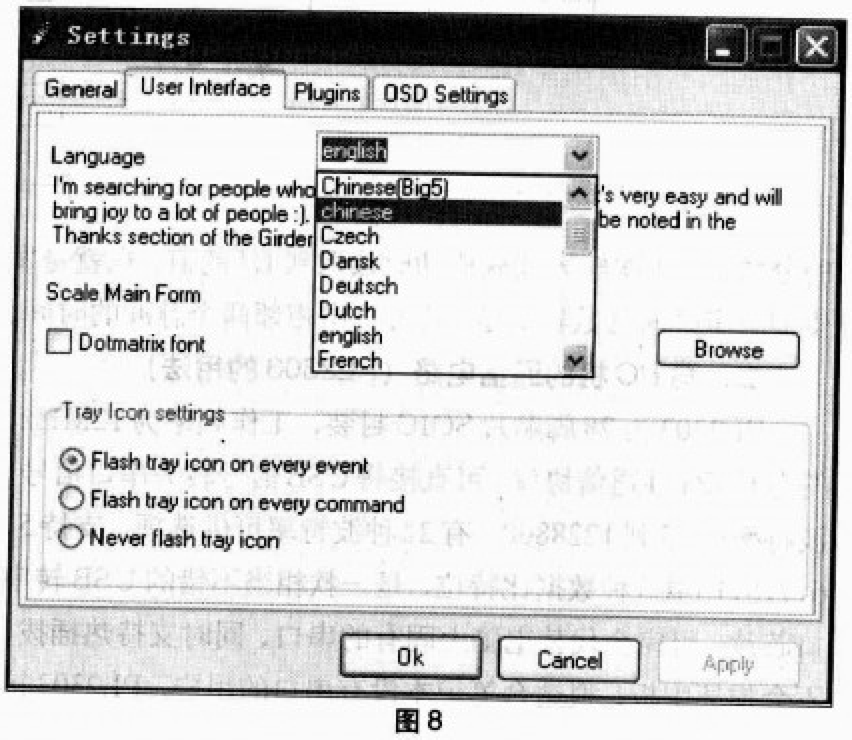


图8

2．设置参数

用鼠标点击“系统设置”。先在“自动允许输入设备”项上打对勾。在“输入设备”栏选择“General serial input”，然后单击“应用”，这时“设置”由灰色变为黑色，如图9所示。再单击“设置”，在“端口选择”栏，选择你的红外

图9

遥控装置所连接的那个串口，并选定19200的波特率。其他用默认值即可。然后点击“确定”。

在“常规”选项下，有“自动载入设置文件”选项，意思是启动“Girder”时，自动载入一个“*.GIR”文件。“*.GIR”文件是“Girder”存储你所设定好的各类命令参数的文件。当你设定好一组命令，并完成遥控器的学习后，可用“文件”下的“保存”功能，将其保存为一个“*.GIR”文件。当你需要用遥控器完成这些命令时，只需打开这个文件，就可用遥控器进行操作了，而无需再次进行设置。利用“自动载入”功能，可以让“Girder”启动时，就自动载入一个“*.GIR”文件，无需进行任何操作，就能使用遥控器。

3．添加一个遥控命令

设置完以后，计算机就可以接收遥控器的红外信号了，但此时按遥控器的某个按键的话计算机不会有任何反应，因为计算机并不知道遥控器的某个按键对应的是什么功能。所以接下来的工作是添加、编辑命令，就是告诉计算机，遥控器的哪个按键与计算机的哪个命令相对应。

下面笔者就以关闭显示器为例，介绍添加新的遥控命令的方法。单击“编辑”下的“添加命令”，出现如图10所示窗口。

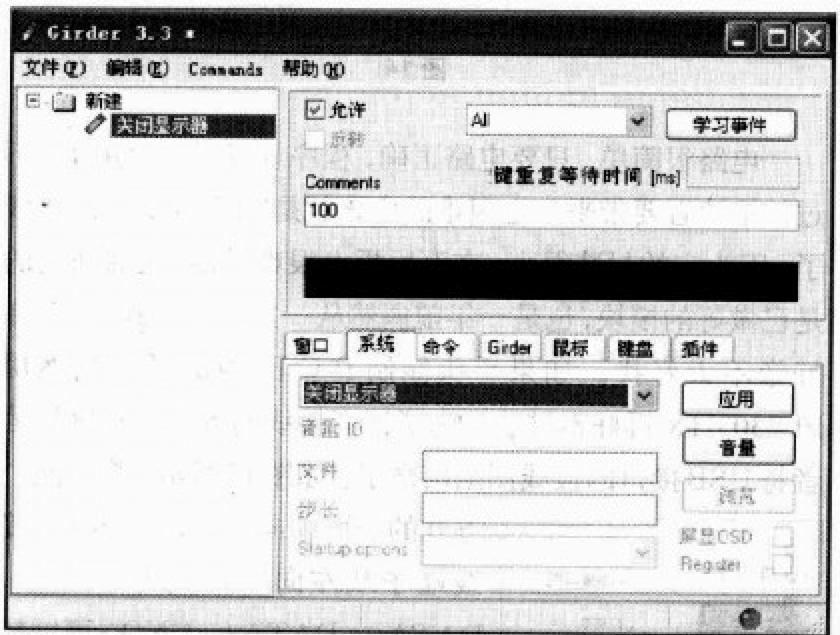


图10

将事件重新命名，方法为：单击右键，选择“重命名”选项，命名为“关闭显示器”。单击“系统”选项，选择“关闭显示器”，点击“应用”。下面开始学习遥控命令，点击“学习事件”按钮，此时PC机处于等待接收红外遥控命令状态。当按下遥控器的任意一个按键，对应的键值将被PC机自动采集并且存储，此时你按下的键就被设为关闭显示器的键了。当再次按下此键时，PC机就会执行关闭显示器命令。

4．设定自定义遥控命令

从Girder功能栏里我们只能找到窗口、系统、命令、Girder、鼠标、键盘和插件7种功能，并没有针对某个应用软件控件的特殊功能，如大家常用的播放mp3等音乐文件的千千静听软件的播放、停止及快进功能等。下面笔者将以自己制作的控制千千静听的“*.GIR”文件为例，进一步介绍用Girder遥控特定应用软件的方法。

运行Girder和千千静听，并使千千静听处于播放状态（注意：不要最小化）。笔者使用的千千静听为绿色免安装版本，读者可到www.xdowns.com/soft/10/47/2006/Soft_31916.html下载，也可到千千静听官方网站下载安装版，网址为：wwwct.ttplayer.com/down.php。特别需要提醒的是：读者如果想使用笔者制作的文件，千千静听的文件路径必须与笔者的一致：E:\软件包\常用软件\千千静听\TTPlayer\TTPlayer.exe。

在这里仅介绍千千静听的“播放/暂停”控件的使用，其他的类同。选择命令功能栏下的“命令”选项，点击“目标”，出现如图11所示界面。

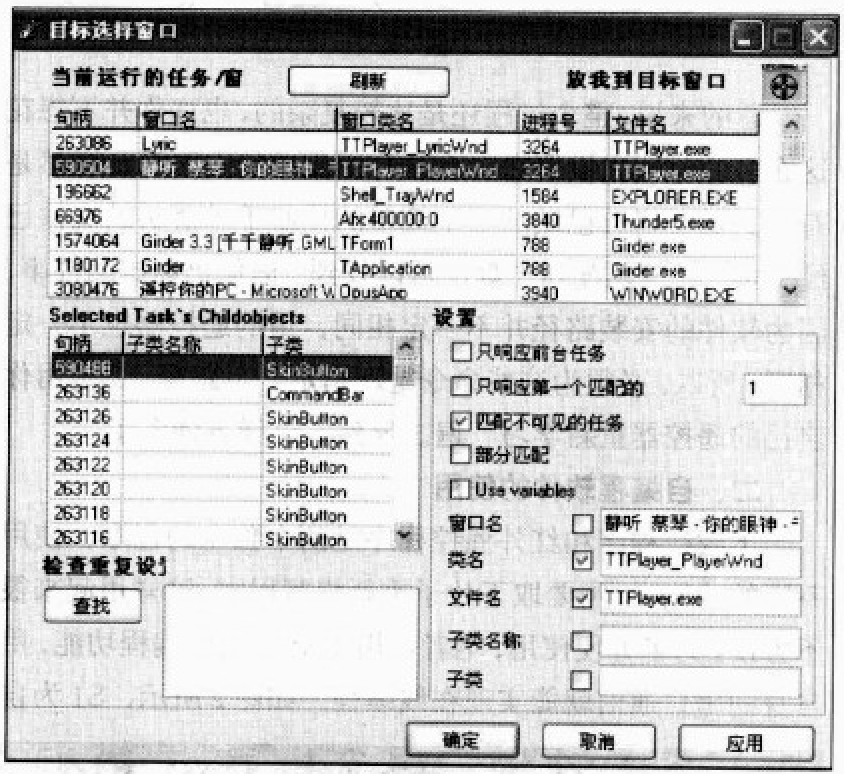


图11

在“目标选择窗口”的“当前运行的任务/窗口”列出了当前正在运行的所有任务名称。在这里可以找到“TTPlayer”，并且看到窗口名中显示当前播放的歌曲名，选中它，然后在窗口的右下区中的“窗口名”、“类名”、“文件名”、“子类名称”、“子类”中显示有当前任务的参数，这时可以选择这些参数来让Girder识别具体的程序。这里需要在“类名”前的单选框中选中该项。在匹配不可见的任务前打勾，可使千千静听在最小化时也能控制。然后单击“确定”，返回原窗口。

再单击“捕获”，出现如图12系统捕获窗口，单击“开始捕获”，然后切换任务至“千千静听”，单击播放键，再将

任务切换回Girder窗口，单击“停止捕获”，在捕获窗口的下方可以看到捕获到的有一条关于千千静听的命令即为播放/暂停，选中这一行，单击“确定”返回。单击“应用”，完成了播放/暂停功能的设置。

图12

总的来说，整个过程还是比较复杂的，也许你并不想花这么多的时间来设置它，有没有更简单的方法呢？当然是有的。笔者将自己做的一个简单的控制千千静听的文件已经上传，在本期配刊光盘中可以找到。但你仍需做两件事，因为软件的安装路径并不一定相同，用的遥控器也不一定相同。所以，必须为这些命令重新指定一下路径，二是用你自己的遥控器重新学习一遍。显然，这样方便多了。

二、自编程软件的使用

下载线程序和红外遥控程序是两个独立的程序，使用不同的功能时，需要取下片子重新烧写程序，这样用起来很不方便。为了方便使用，笔者使用了M8L的自编程功能，用自身的串口通信就能实现在线编程。如图2所示，S1为自

图13

编程开启开关，S2为复位按钮。自编程软件界面如图13所示。选择串口号，在这里笔者将PL2303的波特率设置为19200，请不要修改。设置完参数后，打开自编程开启开关，按下复位按钮，使M8L复位。这时会显示M8L有关信息，并且VD4指示灯点亮。选择需要烧写的文件，点击下载就可。完成后，点击退出BOOT。关闭自编程开关，按下复位按钮，就可运行你烧写的程序了。

制作与调试

一、硬件搭接

图14所示是笔者在万用板上搭建的实物。

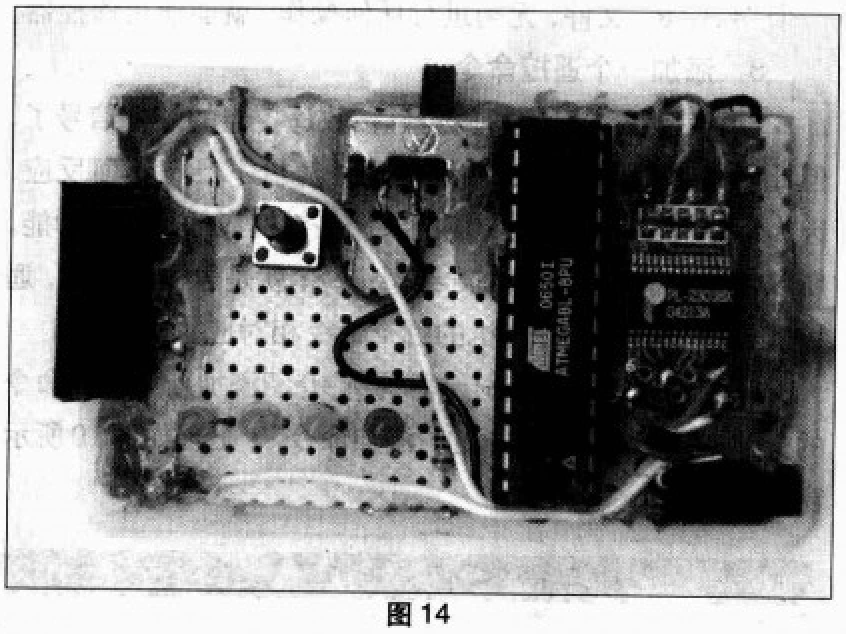


图14

电路很简单，只要电路正确，程序烧好后就可用了。不过，给读者要带来一定困难的应该就是PL2303HX的接线了。因为它的封装很小，在万用板上很难搭接。笔者所用的是已做好的模块，也是一年前偶然从一家公司得到的。现在好像不太好找。如果手头能制PCB板的话，当然用PL2303HX再好不过了。为了读者接线的方便，在这里笔者将USB接口的接线图画出来了。如图15所示，将有两个方孔的一面朝向自己，内部4个接线端子从左向右依次为VCC，DATA−，DATA+，GND。可以将不用的USB键盘或鼠标线拆下来，拨开电线，用万用表测量区分4根线的顺序。

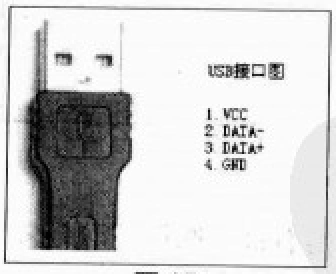


图15

不是除了用PL2303以外就没有别的办法了，而是还有很多办法可以解决的。如果你的电脑是台式机的话(绝大多数都支持串口的)，找一根串口连接线，经过MAX232电平转换就可与M8L通信了。电源用USB电源供电，这样也是很不错的。如果你的电脑上没有串口的话，可以去市场上买一条USB转RS232转换线，经转换后与电脑上自带的串口一样，经过MAX232电平转换就可以了。MAX232电平转

用单片机实现传统电路功能

用单片机做USB接口充电器

文/吴汉清

本文介绍一种用PIC12F675单片机做的USB充电器，将它接在计算机的USB接口上就能对两节镍镉或镍氢电池进行充电，充电结束后能自动停止充电。充电器主要采用电压监测的方法判断充电是否结束，对于因为电池的原因达不到规定的充电电压的，也能在充电10小时后自动停止充电。其外形如图1所示。

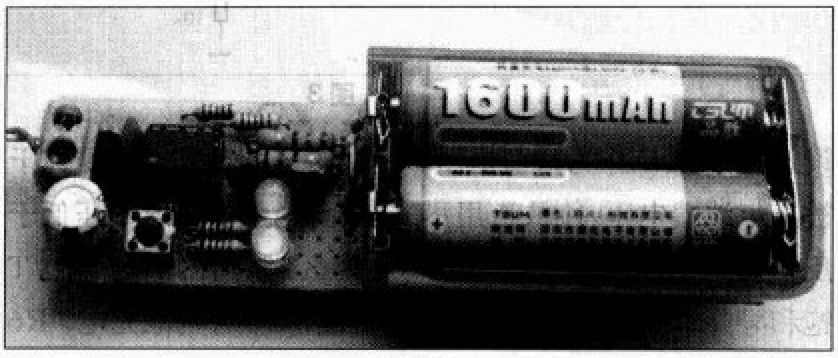


图1

一、单片机PIC12F675简介

PIC12F675是MICROCHIP公司的产品，虽然它只有8只引脚，但功能却比较强大，其引脚见图2。

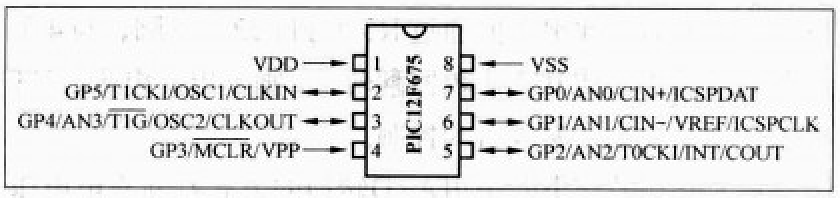


图2

PIC12F675片内含1KB的Flash只读程序存储器、64B数据存储器RAM和128B的EEPROM。有6个具有独立方向控制功能的I/O引脚GP0～GP5，这些引脚都有复用功能。工作速度为0～20MHz，可以选择外部或内部振荡器，内部振荡器的频率为4MHz，使用内部振荡器可以简化外围电路，同时多出两只引脚用作它用。片内有一个带有8位可编程预分频器的8位定时器/计数器Timer0和一个带有预分频器的16位定时器/计数器Timer1，一个看门狗定时器，4通道10位A/D转换器，1个模拟比较器，工作电压为2V～5.5V。

二、充电器硬件电路

判断电池充电是否结束的方法有好多种，在充电电流为200mA时，对于不同容量电池相当于用0.1C～0.2C的充电率进行充电，由于充电电流比较小，选择电压控制法比较合适，经笔者反复测试，对于镍氢和镍镉电池，在这种情况下单节电池充到1.46V就充足了。

图3是一个用普通集成电路设计的典型充电器电路，用电压比较器LM339来检测充电电压。电源经过三端稳压块IC1 7805稳压后，+5V为IC2提供工作电压，此外+5V电压通过R1、R2、RP分压后把IC2的反相输入端4脚电位

换电路如图16所示。

一体化红外接收头现有很多型号，加金属屏蔽的现在用得最多，这一种经笔者测试也完全可用。

二、软件调试

为了能使M8L实现自编程，首先M8L内必须事先烧写

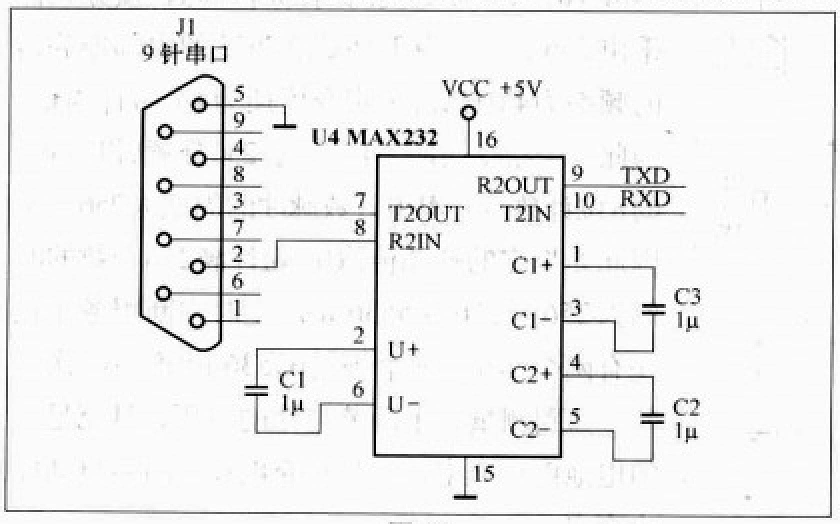


图16

一段程序，然后M8L自身才能实现自编程。与烧写应用程序不同的地方就是：自编程程序要放在引导区内。因此首先将M8L自编程熔丝位打开，设定大小为512B。由于烧写软件很多，修改熔丝位的方法也不同，在这里笔者不再一一介绍。

调试流程如下：

1．按照笔者提供的电路图，焊接好电路。

2．用烧写器烧写笔者提供的自编程程序。

3．安装PL2303驱动程序。

4．安装M8L自编程软件包。

5．安装Girder红外遥控软件。

6．将下载线插入PC机，设定PL2303波特率为19200。

7．运行M8L自编程软件，烧写笔者提供的红外遥控程序。程序烧好后会看到，VD3点亮。当接收到遥控器信号，VD1点亮。

8．关闭M8L自编程软件，运行Girder。

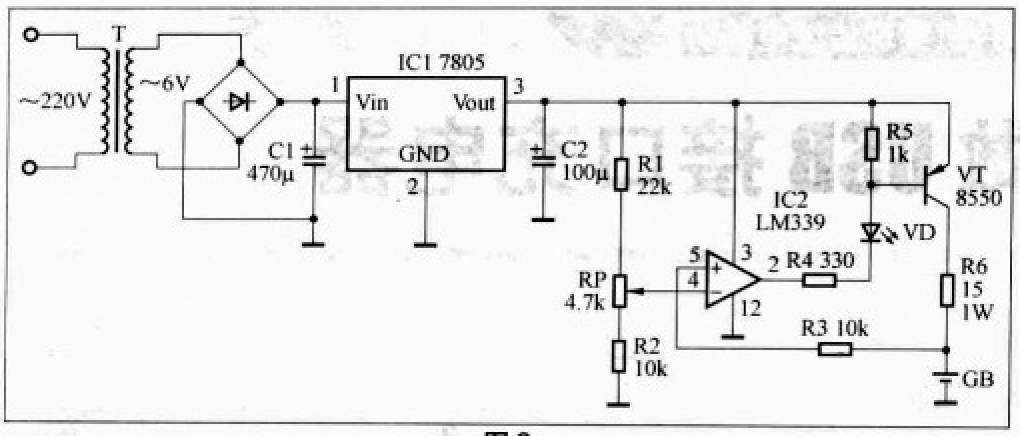


图3

设定在1.46V作为阈值电压，同相输入端5脚电位受控于被充电池端电压。刚放进用尽的电池，由于电池端电压低于反相端4脚设定的参考值1.46V，那么2脚输出低电平，VT饱和导通，+5V电压经VT的c、e极，R6对电池充电，R6取值15Ω时，充电电流约200mA。当电池充满即端电压略高于1.46V时，此电压值通过R3加到IC2的5脚，与4脚参考值作比较，使IC2比较器翻转，2脚输出高电平，VT截止，充电结束，实现自动控制。

本文介绍的充电器采用A/D转换的方式判断充电电压是否达到规定值，即先把充电电池的电压转换成数据，然后通过数据大小的比较判断电池有没有充足电，控制精度比较高。

充电器同时对两节电池充电，使用电脑的USB接口的电源，由于USB接口的供电电流一般不大于500mA，因此这里每节电池充电电流取200mA，两节共400mA。

充电器电路见图4，主要由单片机电路、模拟信号输入电路、充电控制输出电路、A/D转换器外部参考电压电路等部分组成。

图4中PIC12F675的7脚和5脚分别作模拟信号输入端AN0、AN2使用。由于单片机使用了内部时钟振荡器，引脚3、引脚2分别作充电控制电压输出端GP4、GP5使用。

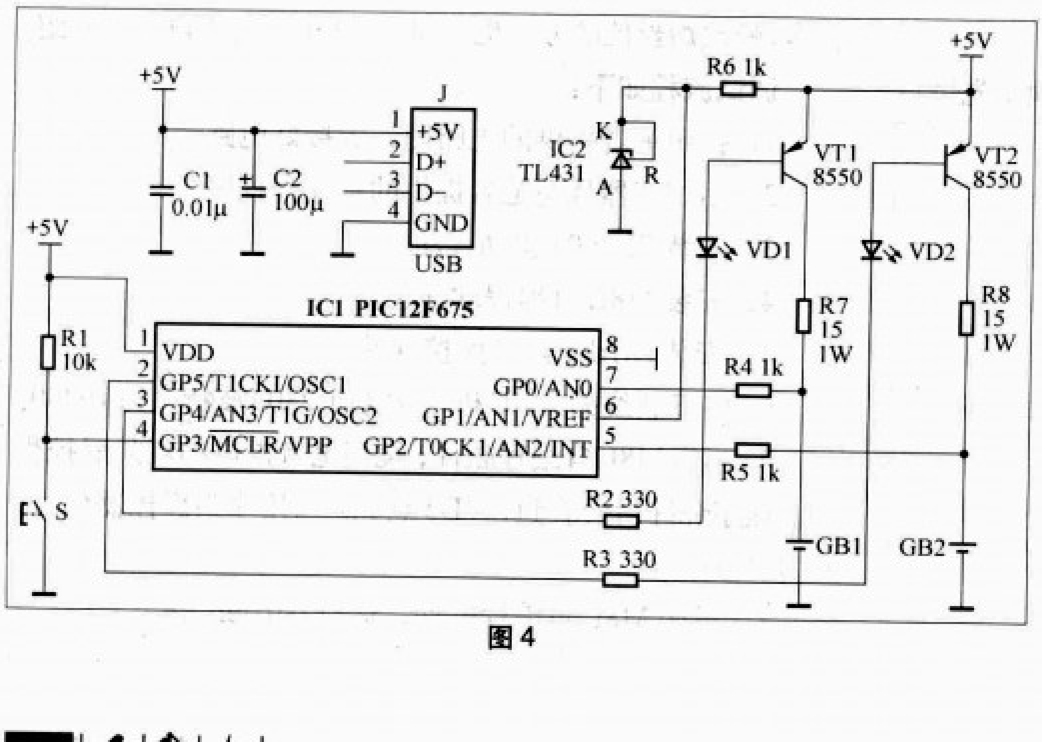


图4

S为复位开关，由于单片机选用了内部上电复位功能，因此外面没有用上电复位电容器，复位开关主要在重新放上电池后使用。

图4中输入端AN0对应控制输出端GP4，输入端AN2对应控制输出端GP5。电路的工作原理是这样的：接上电源后，PIC12F675的GP4、GP5均输出低电平，三极管VT1、VT2均饱和导通，两节电池分别开始充电。随着电池电压的上升，输入到单片机的模拟电压也不断升高，当某一路的电压比如AN0的输入电压大于预定的设定值时，GP4输出高电平使VT1截止，第1路电池停止充电，并自锁在这一工作状态，即使电池在停止充电后电压略有下降也不会重新进行充电。

由于新旧电池、不同品种电池的内阻均有区别，电池的端电压受内阻的影响较大，在有充电电流的情况下检测电压其一致性比较差，故这里采用断电状态下检测电压的方式，即在检测时让对应的三极管截止，检测完后如果电压没有达到设定值时再恢复充电。因为检测耗时极短，所以你是感觉不到充电过程有中断现象的。断电时检测的电压比充电状态下检测的电压略低。

A/D转换器的参考电压可以选择单片机内部的V_{DD}，也可以选择VREF引脚输入的模拟电压。由于电脑USB接口输出的5V电压不是太稳定，不适宜作参考电压，因此这里选择VREF引脚输入电压作参考电压，这个参考电压由三端可调式分流基准源芯片TL431产生，按图4中TL431的接法，产生的参考电压为2.5V。

发光二极管VD1、VD2作充电指示。

三、软件设计

程序使用汇编语言编写，在MPLAB IDE编译器中进行编译。程序由主程序、定时中断服务子程序和A/D转换子程序组成。主程序主要用来进行初始化。定时中断服务子程序使用了定时器/计数器Timer0，Timer0使用内部时钟源，预分频器采用256分频。由于PIC12F675的内部振荡器的频率为4MHz，1个指令周期为4个时钟周期，因此一个指令周期为1μs，经256分频后Timer0的8位计数器TMR0计数脉冲的周期为256μs，因此如果它的初始值取0，则计满256个数的时间为256×256=65536μs。定时中断服务子程序有两个作用：一个每过65536μs产生一次中断，分别测量一下两节电池的电压，对充足电的电池停止充电；二是在充电10小时后自动停止充电。

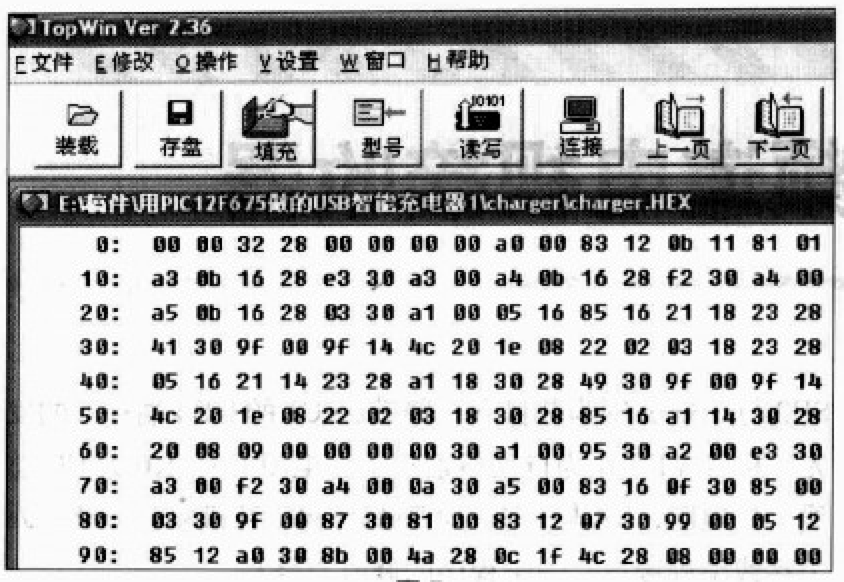


图5

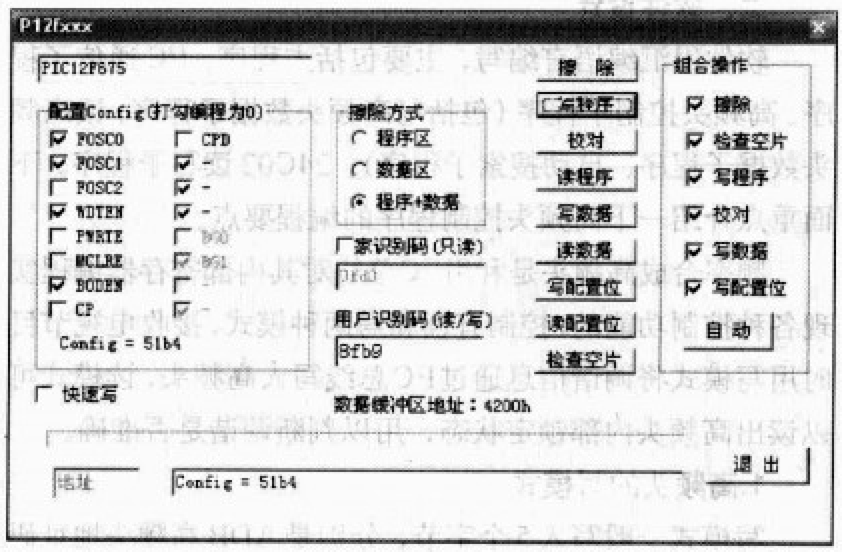


图6

为了记忆电池的充电状态，用一个变量SW的低两位作电池充足电的标志位，当某节电池充足电后其相应的标志位置1，到下一次中断时如检测到其标志位为1则不再测量其电压，避免在其电压下降后反复充电。

为了进行10小时的定时，使用了3个变量M、N、L在中断时进行循环倒计数，当计满M × N × L个数时10小时也就到了。当10小时到达的时候，令SW=3，两个充电标志位均被置1，因此两节电池均被停止充电。

PIC12F675有4通道10位的A/D转换器，这里使用了AN0和AN2两个通道，转换结果使用A/D转换器10位二进制数的前8位，因此只要读取寄存器ADRESH的数值即可。A/D转换器的参考电压为2.5V，能转换的最大模拟电压值为2.5V。由于只使用8位转换结果，当输入的模拟电压值为2.5V时转换的结果即ADRESH的值为FFH (255)，因此按比例计算，当AN0或AN2输入的模拟电压为1.46V时，对应ADRESH的值为FFH × 1.46 / 2.5 ≈ 95H (149)，当ADRESH的读数大于95H时即认为充电结束。要修改充电电压设定值只要修改程序中的语句MOVLW 95H即可。

详细的程序和编译好的目标文件见本期配套光盘。注意使用MPLAB IDE编译器时程序文件不能放中文目录里，

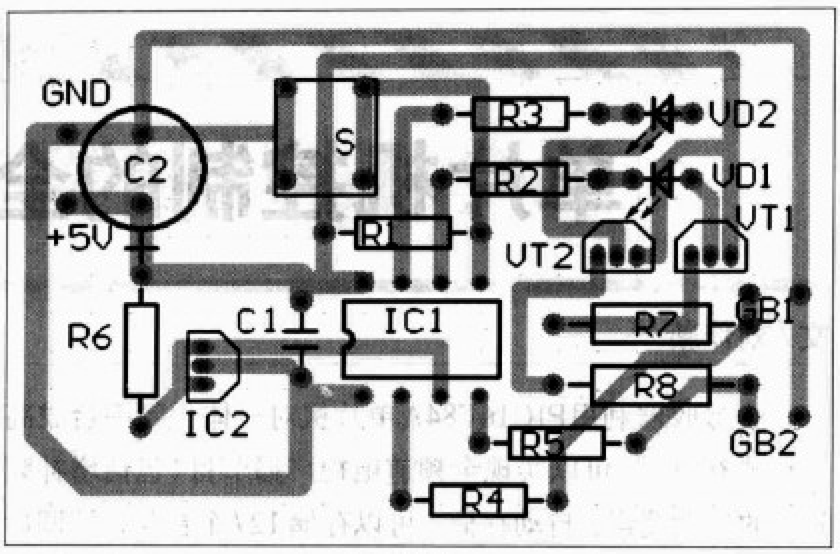


图7

否则打不开文件。

四、安装与使用

首先将目标文件charger.hex写入单片机PIC12F675，PIC单片机在烧写程序时要进行配置位的设置，可以通过对配置位编程（记作“0”）或不编程（记作“1”）来选择不同的器件配置。

下面以TOP2005编程器为例说明PIC12F675的烧写过程：

运行与TOP2005配套的软件TopWin，装载目标文件charger.hex，见图5。按工具栏上的按钮，在对话框中选择厂家MICROCHIP，再选择型号PIC12F675。按工具栏上的按钮出现一个对话框，可按图6对配置位进行设置。设置好配置位后再按“自动”按钮即可完成对PIC12F675的程序烧写。

充电器的印制电路板图见图7，也可使用万能电路板进行安装，到电脑USB的连线可使用成品USB连线改制，把一头剪断连接在电路板上。

笔者用万能电路板制作的充电器实物见图1。

使用时放好充电电池，将线连接到电脑的USB接口即可开始充电，如果在接上USB接口后再放电池，或者接上USB接口后发光二极管没有亮，必须按一下复位键S。正常充电时是点亮的，当某节电池充电结束后则相应的发光二极管熄灭。

由于充电器加了10小时的限制，这对于容量小于1600mAh的充电电池没有影响，按充电电流200mA计算，在10小时还没有到时其充电过程就结束了。但对于容量大于1600mAh充电电池，10小时还不能充足电，这时候有两种方法解决，一是在充电一定的时间后按一下复位键即可重新计时；二是修改程序，比如将限制时间改为15小时，只要在程序中将L=0AH修改为L=0FH即可，即将程序中MOVWF L上的一句MOVLW 0AH修改为：MOVLW 0FH。

单片机控制的全频道电视接收器

文/刘作新

本接收器利用PIC16F84A单片机对一体化频率合成高频头进行控制，可以实现全频道电视广播节目（包括增补频道）的自动搜索、自动存储，可以存储127个台位；解调后输出的复合视频信号、伴音信号可提供给AV设备使用。当前的平板电视（液晶、等离子电视）、数字电视机顶盒均采用了频率合成高频头来接收电视节目，通过本制作可以掌握频率合成高频头的控制原理，为今后相关产品的设计开发、检修打下一定的基础。图1为该接收机的实物照片。

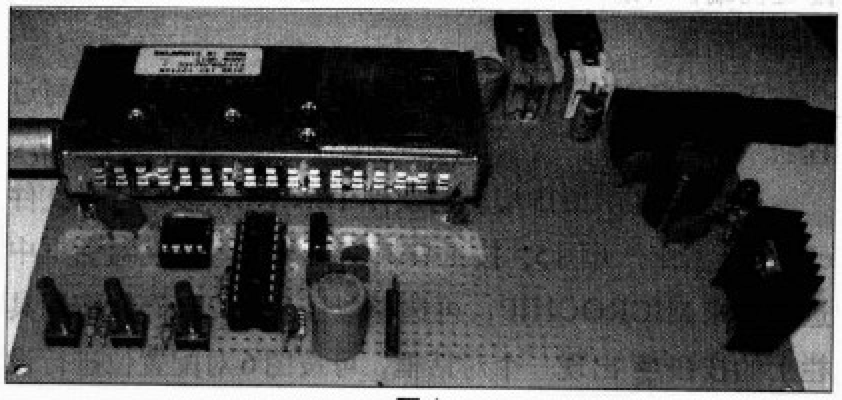


图1

一、硬件电路介绍

接收器的电路如图2 所示，电路主要由单片机PIC16F84A、一体化频率合成高频头FI1256/MK2、存储器24C02、稳压器7805组成。

一体化频率合成高频头TUNER选用飞利浦公司的FI1256/MK2型。它将全频道(VHF/UHF)调谐器和中频(IF)解调器集于一体，可以直接输出音视频信号，其调谐及控制通过I^2C总线通信来实现。23脚输出复合视频信号，25脚输出伴音信号，它们分别由莲花插座J1、J2引出供给外部AV设备使用。

由于PIC16F84A没有I^2C通信模块，本电路用RA0端作为I^2C通信的数据线（SDA），RA1端作为I^2C通信的时钟线（SCL），通过程序控制RA0、RA1端的电平按照I^2C通信协议的时序规范去改变，达到用软件模拟实现I^2C通信的目的。IC2的5脚（SDA）、6脚（SCL）与TUNER的13脚（SCL）、14脚（SDA）均挂接在I^2C总线上。单片机IC1通过I^2C总线去控制TUNER和IC2实现电视节目的接收与频道的存储。IC1的RA2、RA3、RA4端作为操作输入端，分别连接微动开关SB1、SB2、SB3，SB1为自动搜索键，SB2与SB3分别为节目升/降键。IC1的RB4端接入的发光二极管VD2作为自动搜索指示。电阻R5、R6为I^2C总线上拉电阻，R4与IC1的4脚配合构成开机复位电路。J4为在线编程接口，便于程序的修改与烧写。

二、软件设计

软件用汇编语言编写，主要包括主程序、I^2C通信子程序、高频头控制子程序（包括写高频头数据子程序、读高频头数据子程序、自动搜索子程序）、24C02读写子程序。下面重点介绍一下高频头控制程序的编程要点。

频率合成高频头是利用I^2C总线对其内部寄存器编程实现各种控制功能的，控制有读和写两种模式，接收电视节目时用写模式将调谐信息通过I^2C总线写入高频头，读模式可以读出高频头内部锁定状态，用以判断调谐是否准确。

1.高频头的写模式

写模式一般写入5个字节，分别是ADB高频头地址码字节；DB1、DB2分频系数控制字节，通过改变分频系数控制调谐频率，DB1是分频系数控制高8位，DB2是分频系数控制低8位；CB控制字节，用来控制调谐速度、锁相环状态、调谐步进值；PB频段切换控制字节，用来在VL、VH、U三个频段间切换。在接收电视节目时的I^2C通信的报文格式为：

START—ADB—ACK—DB1—ACK—DB2—ACK—CB—ACK—PB—ACK—STOP

其中START、ACK、STOP分别为I^2C通信的起始位信号、应答位信号、停止位信号。在编程时按照上面的顺序将5个字节写入高频头，就可以实现电视节目的接收。在源程序中“写高频头数据”子程序段就是实现这一功能的。

写模式中5个字节的详细取值方法可以参看FI1256/MK2型高频头的技术文档。这里只对关键点加以说明。当高频头的地址选择脚AS悬空时，若对高频头进行写操作，ADB字节根据技术文档的规定取值为0C2H；若对高频头进行读操作，则取值为0C3H。在本接收器中AS脚悬空，所以在程序中的取值如上所述。当AS脚加上不同电压值的偏压或接地时，应参阅技术文档选取对应的地址值，否则单片机无法正常地控制高频头工作。对于DB1、DB2分频系数控制字节的计算，当步进值为31.25kHz时，计算公式为

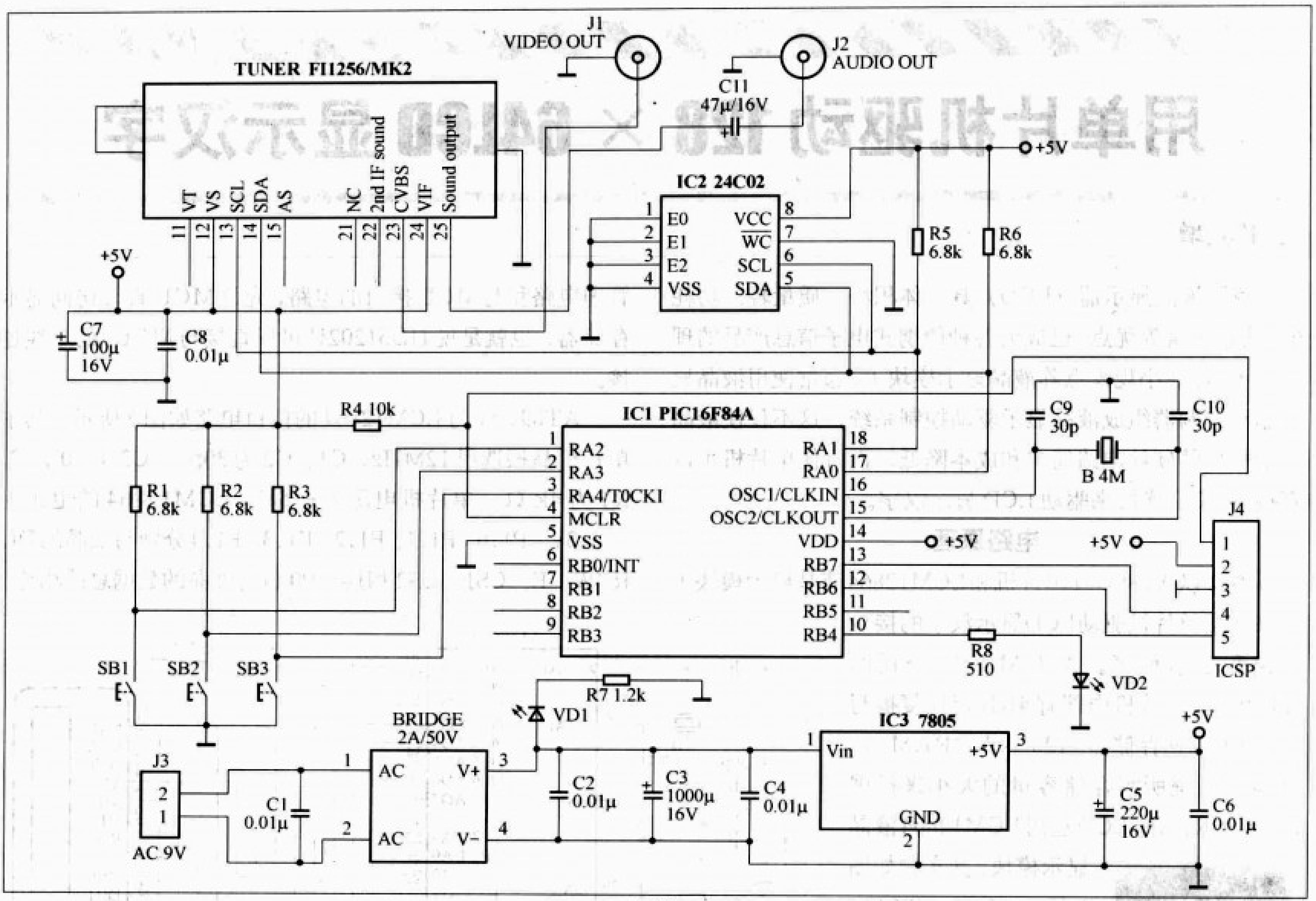


图2

$N=32\times(f_{RF}+f_{IF})$，$f_{RF}$为欲接收电视频道的图像载波频率，$f_{IF}$为图像中频，单位均为MHz。注意这个高频头的图像中频为38.9MHz，而不是我国国标的38MHz，如果图像中频值选取不对的话，会引起电视节目接收效果不好的现象。将计算出的N值转化为二进制数，高8位为DB1的值，低8位为DB2的值。

2.高频头的读模式

为了实现电视节目的自动搜索，需要通过读取高频头内部的AFC状态值来判断调谐是否准确，这就需要用到高频头的读模式。读模式的报文格式为：

START — ADB — ACK — STB — STOP

通过读模式从高频头读出了一个STB字节，这个字节的内容包含了复位、锁相环状态、端口状态、AFC状态信息。AFC状态信息在STB字节的低3位，当低3位的值为02H时，代表此时调谐准确，可以作为存台的标志进行频道的存储。频道的存储实际上是将不同频道对应的DB1、DB2的分频系数值按顺序存入24C02的存储单元。观看电视节目时，按顺序从存储器中读取出DB1、DB2的值，并将此值写入高频头。

3.节目自动搜索的实现

自动搜索使用了高频头的“读和写”两种模式。开始自动搜索时在程序中先给DB1、DB2赋初值，初值为DB1=0BH、DB2=14H，这是根据1频道的频率并且步进值为31.25kHz时计算出来的。为了留有一定的余量，DB2的值再降低一些，选取为08H。先将初值写入高频头，之后以08H（31.25kHz × 8=250kHz）为步进值进行粗调，逐渐增加DB1、DB2的分频系数值，分频系数值每增加一次，都从高频头中读取一次STB字节值，当STB字节值为0FBH时（这时调谐频率比预接收频道的频率低62.5kHz），证明已经收到电视节目，但调谐还不准确，此时进入微调子程序，分频系数的步进值改为01H（31.25kHz），之后以01H为步进值对高频头进行“写－读－判断”循环操作，当读取出的STB字节值为0FAH时，证明调谐准确，这时跳出微调子程序，调用存储器写程序将DB1、DB2的值存储起来。存储之后返回“自动搜索”程序重复进行“粗调－细调－存储”的自动搜索过程。

4.频段切换

在自动搜索中，先是从VL段开始搜索。随着分频系数的增加，调谐频率也在不断的增加。当频率到达VL频段的上限时，要将高频头切换到VH频段继续搜索。频段的切换

用单片机驱动128 × 64LCD显示汉字

文/徐金增

点阵液晶显示器（LCD）具有体积小、质量轻、功耗低、信息丰富等优点，已成为各种便携式电子信息产品的理想显示器。在小规模点阵液晶显示模块上，通常使用液晶显示驱动控制器组成液晶显示驱动控制系统，这不仅使液晶显示模块的硬件电路简单和成本降低，而且使单片机可以直接与LCD连接来驱动LCD显示汉字。

电路原理

本文以AT89C51单片机和LCM12864液晶显示模块为例来介绍单片机驱动LCD显示汉字的接口电路和显示程序。ATMEL公司的AT89C51单片机内部有4KB可反复擦写的Flash闪速存储器、128字节的RAM，可以根据系统所需存储容量的大小来扩展ROM和RAM。LCD选用LCM12864液晶显示模块，其实物如图1所示。LCM12864内置HD61202U液晶控制器，该控制器的特点是内置64 × 64位的显示存储器，显示屏上各像素点的显示状态与显示存储器的各位数据一一对应，显示存储器的数据直接作为图形显示的驱动信号：显示数据为“1”，相应的像素点显示；显示数据为“0”，相应的像素点就不显示。同时HD61202U配备了一套显示存储器的管理电路和与MCU接口的电路，允许MCU直接访问显示存储器，也就是说HD61202U可以直接与MCU 的总线连接。

图1 LCM12864

AT89C51与LCM12864的接口电路如图2所示。其中单片机晶振选用12MHz，C1、C2为30pF，C3为20μF，R1为4kΩ，单片机电源为+5V，LCM12864的电源为+3.3V。P1.0、P1.1、P1.2、P1.3、P1.4分别与液晶的DI、R/W、E、CS1、CS2相连，P0口与液晶的数据总线相连。

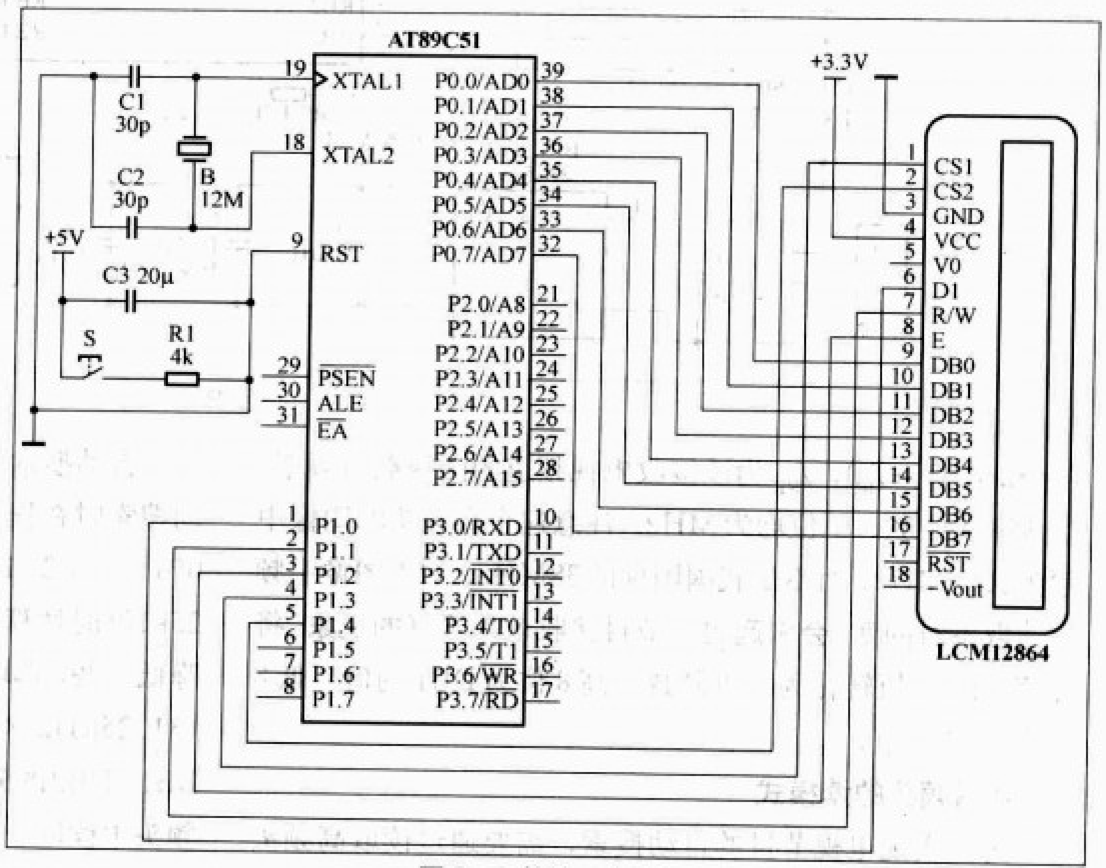


图2 硬件接口电路

是这样实现的：当DB1的值大于18H时，将PB频段切换控制字改写为90H，切换到VH段；当DB1的值大于3EH时，将PB频段切换控制字改写为30H，切换到U段；当DB1的值大于70H时，证明调谐频率已超过U段的频率上限，将跳出自动搜索程序，转入电视节目播放程序。

其他型号的频率合成高频头的软件控制方式与FI1256/MK2型高频头大同小异，只要参照技术文档选取对应的字节值即可。

三、制作与使用

由于电路比较简单，笔者在万能板上搭焊了电路，见图1。FI1256/MK2型高频头在电脑股票卡上曾经得到大量应用，如今这些股票卡在二手电脑市场15元左右就可以买到，可以说是物美价廉，便于爱好者取材，国内也有许多厂家有兼容的产品可以替代。外接的电源能够提供300mA以上的电流就可以了。

本电路的源程序在本期配刊光盘里，读者可自制电路进行测试和修改，具体操作方法为：在MPLAB IDE集成开发环境中打开源程序，编译后烧写人芯片即可。按下SB1键将进行全频段自动搜索与存储，此时VD2点亮，搜索结束后VD2熄灭。按动SB2一次节目上升一个频道，按动SB3一次节目下降一个频道；按住SB2或SB3不放，频道连续升或降。

连接好硬件电路图后，通过用C51语言编写和修改显示程序使LCD显示不同的汉字，读者只要根据字模提取软件得到的字模存储于单片机的程序存储器中，就可以修改LCD中的汉字显示。

汉字字模的提取

根据显示汉字的方式（即选择先左后右或先上后下的方式）建立汉字的字模，通过字模提取软件（笔者使用的软件为畔畔字模提取软件V1.04.0049，其下载地址为www.skycn.com/soft/24517.html)。该软件可以根据不同的选择得到汉字的不同字模，有颜色选择（黄、绿、红、粉、X、蓝色）、字体样式（粗体、斜体、下划线、删除线）、显示形状（方形、圆形）、模式（ASM、C51）、取模顺序（上下左右）、反色操作及字体按90°旋转显示，如图3所示。

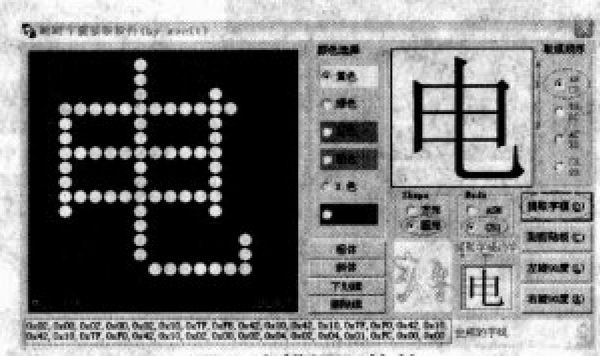


图3 字模提取软件

提取字模的方法为：先在“提取字模的字”（图中所标处）写入要求字模的字，然后选择字体模式，以“电”字为例，我们选择黄色、圆形、C51，先写上半部后写下半部的方式，最后点击“提取字模”按钮，在软件的底部就显示出所生成的字模，以十六进制形式显示。在单片机显示程序中把生成的字模以数组形式存于单片机的程序存储器中。

汉字显示的C51程序实现

下面为51语言程序实现在LCD上显示“无线电”3个字，通过字模提取软件按先写上半部，后写下半部的方式建立“无线电”3个字16 × 16点阵的字模数组存于单片机的程序存储器中。用户可以把字模数组修改为不同字的字模，从而在LCD上显示不同的汉字。

文末为显示文字的函数，用于显示人机交互，参数输入、输出所需的文字、符号。单个文字或符号均为16 × 16大小。函数无返回值，有4个变量，x表示要显示的列，y表示要显示的行。p1为要显示的数组的首地址，表示数组中的第几个字。lth表示数组长度，数组由字库中映射序号组成。x取值范围0，1，2，3，4，5，6。y取值范围1，2，3，…，127。sign==1表示正常显示，sign==0表示反色显示。

显示函数

```
void display_output_word(uchar x,uchar
y,uchar *p1,uchar lth,bit sign)
 {uchar *p2;  //指向字库中某个字的地址
 uchar idata i,j,k;  //字记录，用于设定下一
个字的起始列，便于换行。
 k=0;
 for(j=0;j<lth;j++)
 {if(*p1==255)  //回车换行
   {x=x+2;  //移动到下一行
    k=0; }  //字记录初始化
    else  //无回车换行
    {p2=&chinese;  //取字库首地址
    p2=p2+(*p1*32);//移动到相应字所对应的地址
      if((y+k*16)>63)  //右半屏
      {send_command_r(x+184);
      send_command_r(y+k*16);
        for(i=0;i<16;i++)  //显示上半字
        {if(sign==1)
        {send_data_r(*p2); p2++;}
        else
          {send_data_r(*p2^0xff);//反色显示
           p2++; } }
        send_command_r(x+184+1);
        send_command_r(y+k*16);
        for(i=0;i<16;i++)  //显示下半字
        {if(sign==1)
          {send_data_r(*p2); p2++; }
          else
          {send_data_r(*p2^0xff);p2++;} }
          k++; }  //字记录增一
      else  //左半屏
      {send_command_l(x+184);
      send_command_l(y+64+k*16);
        for(i=0;i<16;i++)  //显示上半字
        {if(sign==1)
        {send_data_l(*p2); p2++; }
         else
         {send_data_l(*p2^0xff); p2++; }}
        send_command_l(x+184+1);
        send_command_l(y+64+k*16);
        for(i=0;i<16;i++)  //显示下半字
        {if(sign==1)
          {send_data_l(*p2); p2++; }
          else
           {send_data_l(*p2^0xff);p2++; }}
         k++; }}  //字记录增一
         p1++; }  //数组指针后移向下一个字
  }
```

打造支持上千种芯片的多功能编程器 PCB4.5C

文/白钰君

《无线电》杂志连续介绍了多款简易编程器，电路简单，功能相对较弱，支持器件较少。市场上有许多通用编程器，功能强大，支持器件多，但产品价格较贵，并非一般用户可以承受。这里介绍的新版本Willem多功能编程器，硬件成本只要几十元，是基于经典的硬件PCB3B+的改良版本。PCB3B版本的多功能编程器数年前推出，国内众多网站制作的基本上都是这个版本。后来国外该编程器开发人员先后推出PCB3.5、PCB4C和最新的PCB4.5C，由于众所周知的原因，新版本的编程器软件不能支持老的PCB3B编程器，仅可用于PCB3.5以上硬件，使得国内数量庞大的PCB3B用户升级无望。笔者参考国外网站的资料，试制改造成功这台基于PCB4.5C硬件（见图1）的Willem多功能编程器，能完美支持最新的0.98D5版本软件。成果不敢独享，借《无线电》一角在这里公开所有资料，大家可以参考电路图对原先PCB3B硬件改造升级或者自己制作一台全新的编程器。

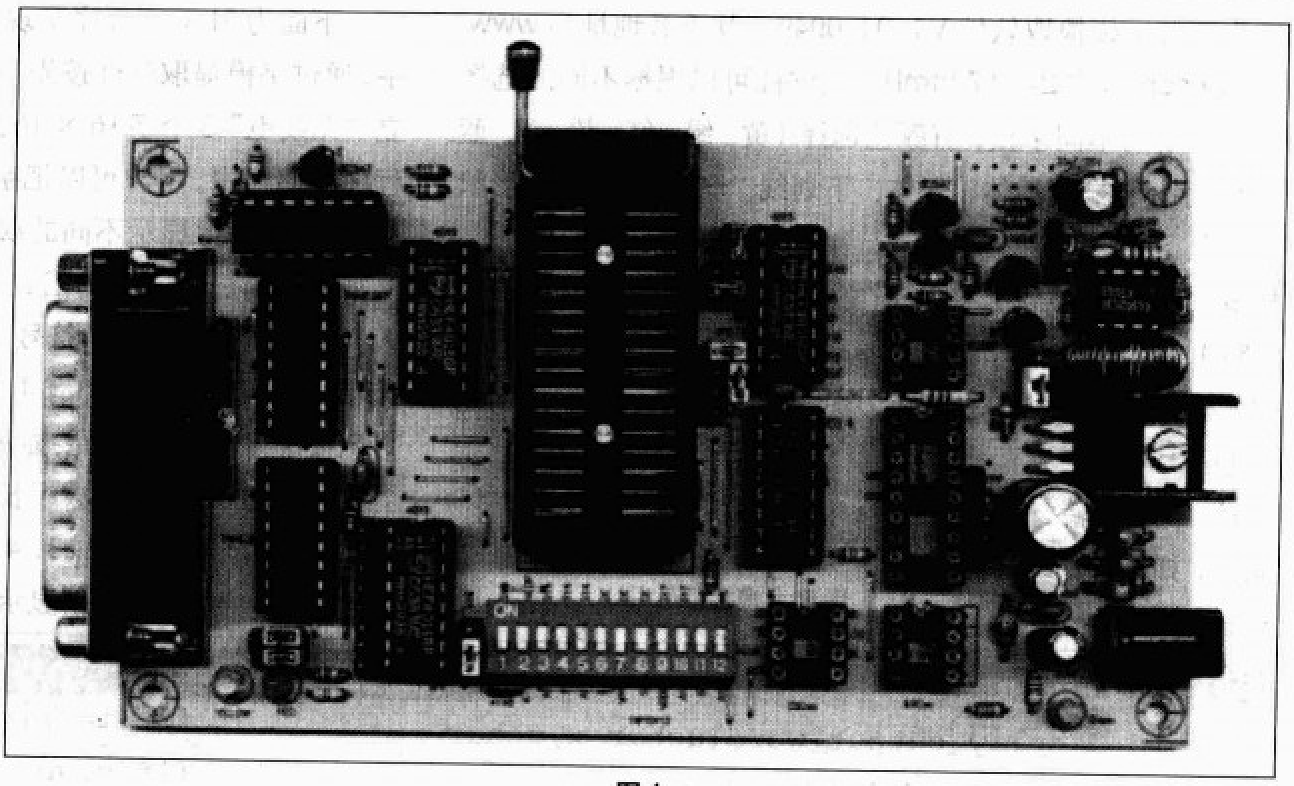


图1

一、功能简介

WILLEM多功能编程器PCB4.5C，支持芯片超过1500种，包括EPROM、EEPROM、FLASH、PIC、AVR、MCS-51、MCS-48、27Cxx、28Cxx、28Fxx、29Fxx、AT29Cxxx、24Cxx、93Cxx、PIC16xxx、DS12xx、AT89Cxx、AT89Cx051、AT25xxx、AT90Sxxx、EPROM16bit、29Fx00、28Fx00。适用于升级维修电脑主板BIOS、手机、VCD、DVD、彩电、复印机、传真机、打印机等；可修改VCD/DVD/彩电开机画面；可用于汽车存储器代码读写；通过增加适配器，可用于开发MCS-51系列、AVR系列、PIC系列单片机。支持高速编程，编程速度比PCB3、PCB3B+提高50%，比PCB3.5，PCB4C提高20%。能够解锁AM29F040B，并能通过板上跳线切换PCB3B<->PCB4.5C，从而能兼容所有老版本软件。最新软件版本0.98D5，全面支持Win98/ME /NT/2000/XP。该软件仍然在不断开发升级。要更多了解这个编程器，可以到www.willem.org和se-ed.net/mpu51/eprom/eprom.html上查询。

二、电路简介

该编程器的整机电路原理图见图2，其中用粗体所绘制的电路就是新增加或改造过的部分。编程器可用9V～12V/500mA的交流或者直流电源供电。除去0.33Ω的小电阻R17可用电阻丝或者细漆包线自制外，其余电阻一律用1/16W的金属膜小型的。晶体管可用小功率高频管，放大倍数要大于100。电容都要选用较小体积的。100μH的电感用成品的绕线电感或者用小磁环自己绕制。74HC367集成电路可以用74LS367或40097、4503代替，74HC04可用74LS04或CD4069代替。注意电路板上装的25芯D型连接器插座为针式的，而与PC机一头的连接插头为针式的，插入计算机打印口，另一头是孔式的，插入编程器，这样的联线针脚可以一一对应，数据线连接见附表。

三、编程器调试

焊接组装完毕，仔细检查有无虚焊、短路或元器件安装

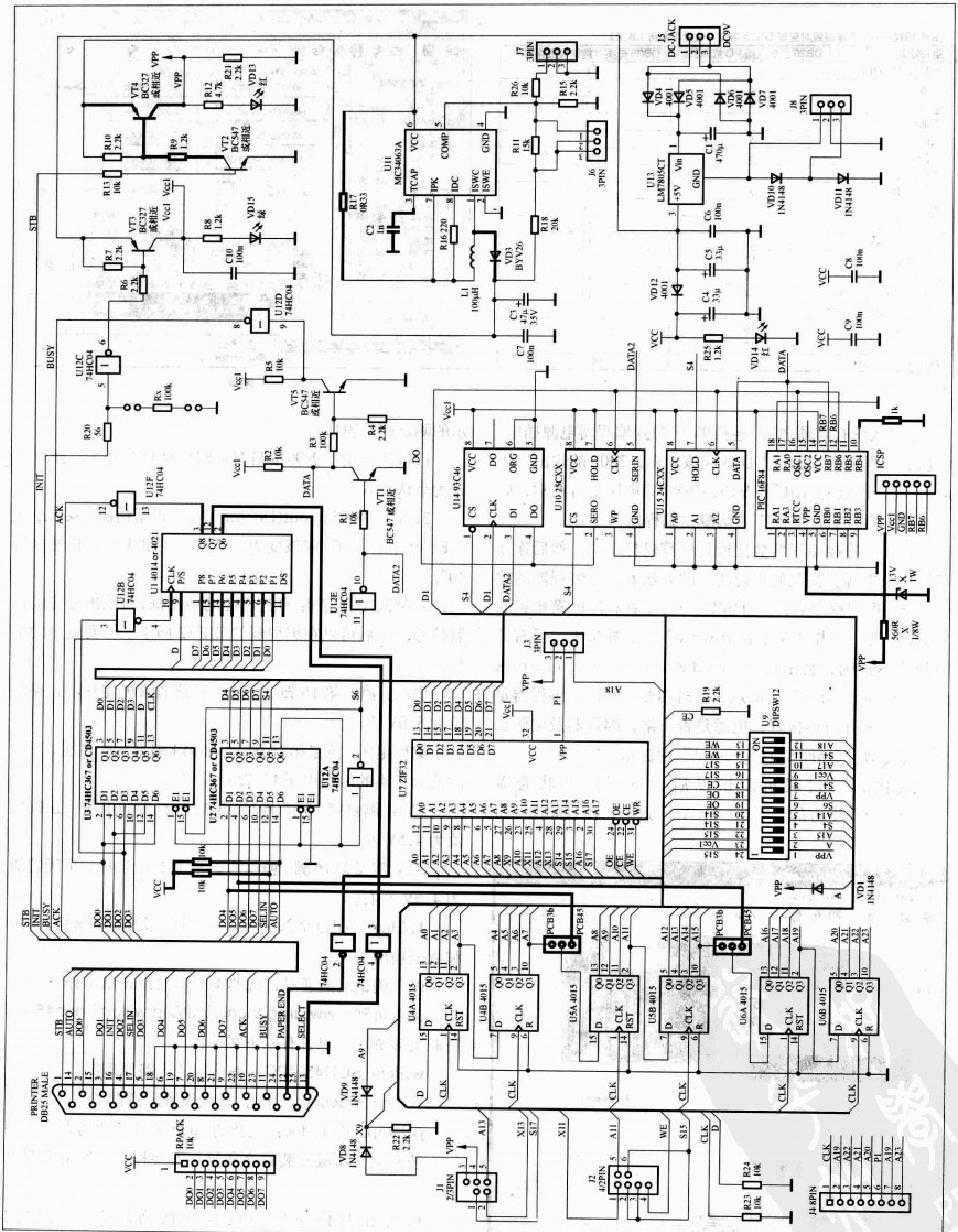

VT4 BC327 或相近
VPP
R21 2.2k
VD13 红
R12 4.7k
R10 2.2k
R9 1.2k
VT2 BC547 或相近
R13 10k
VT3 BC327 或相近
Vcc1
R8 1.2k
VD15 绿
R7 2.2k
R6 2.2k
C10 100n
STB
BUSY
INIT
ACK
U12C 74HC04
U12D 74HC04
R5 10k
VT5 BC547 或相近
Rx 100k
R20 56
R4 2.2k
R3 100k
R2 10k
DATA
VT1 BC547 或相近
R1 10k
DO
U12F 74HC04
U12B 74HC04
U12E 74HC04
DATA2
U1 4014 or 4021
U11 MC34063A
TCAP IPK IDC ISWC ISWE VCC COMP GND
R17 0R33
C2 1n
R16 220
L1 100μH
VD3 BYV26
C3 47μ 35V
C7 100n
J7 3PIN
R26 10k
R15 2.2k
R11 15k
R18 20k
J6 3PIN
J5 DC-JACK DC9V
VD4 4001
VD5 4001
VD6 4001
VD7 4001
J8 3PIN
C1 470μ
U13 LM7805CT
VD10 1N4148
VD11 1N4148
C6 100n
C5 33μ
C4 33μ
VD12 4001
VCC
R25 1.2k
VD14 红
C8 100n
C9 100n
U14 93C46
U10 25CXX
U15 24CXX
PIC 16F84
ICSP
VPP Vcc1 GND RB7 RB6
1k
13V X 1W
560R X 1/8W
J3 3PIN
P1
A18
U7 ZIF32
R19 2.2k
CE
U9 DIPSW12
VD1 1N4148
U3 74HC367 or CD4503
U2 74HC367 or CD4503
U12A 74HC04
S6
S4
10k
74HC04
U4A 4015
U4B 4015
U5A 4015
U5B 4015
U6A 4015
U6B 4015
PCB3b
PCB45
CLK
PRINTER DB25 MALE
STB AUTO DO0 DO1 INIT DO2 SELIN DO3 DO4 DO5 DO6 DO7 ACK BUSY PAPER END SELECT
RPACK 10k
VD9 1N4148
VD8 1N4148
X9
A9
R22 2.2k
J1 2/3PIN
J2 4/2PIN
A13
X13
S17
X11
A11
WE
S15
R24 10k
R23 10k
J4 8PIN
CLK A19 A22 A21 A20 P1 A19 A23

图2

附表 编程器 DB25 连接线对应表 DB25 电缆（长度 1 米到 1.8 米）

引脚功能	DB25 公头（接 PC 打印口）	DB25 母头（接编程器接口）
控制口 STROBE	1	1
数据口 D0	2	2
数据口 D1	3	3
数据口 D2	4	4
数据口 D3	5	5
数据口 D4	6	6
数据口 D5	7	7
数据口 D6	8	8
数据口 D7	9	9
状态口 ACK	10	10
状态口 BUSY	11	11
状态口 PE	12	12
状态口 SLCT	13	13
控制口 AUTOFEED	14	14
状态口 ERROR	15	15
控制口 INIT	16	16
控制口 SLCTIN	17	17
接地 GROUND	18～25	18～25

错误。确认没有问题之后，连接9V电源到编程器电源插座，绿色的编程电源指示灯VD13应该发光。7805的输出电压应为5V。检查所有IC的VCC引脚5V电压是否正常，确认电压正常之后，按以下方法测试编程器：

首先，连接编程器数据线到计算机打印口，然后连接12V直流电源。按照使用说明书的方法安装好编程器的软件。启动控制程序后，界面如图3所示，在程序的菜单栏的“Help”项，点击“Test hardware”项。如果电源没有开或连接不正确，会出现“Hardware error:check power&connection”的提示，这时你要仔细检查编程器是否已和主机并口连接好，电源是否正常。编程器及电源正常，则出现“Hardware present”的提示。

其次，通过联机测试以后，选择底部状态条“StatusBar”上方的“Test H/W”选项，出现如图4所示的测试硬件窗口。

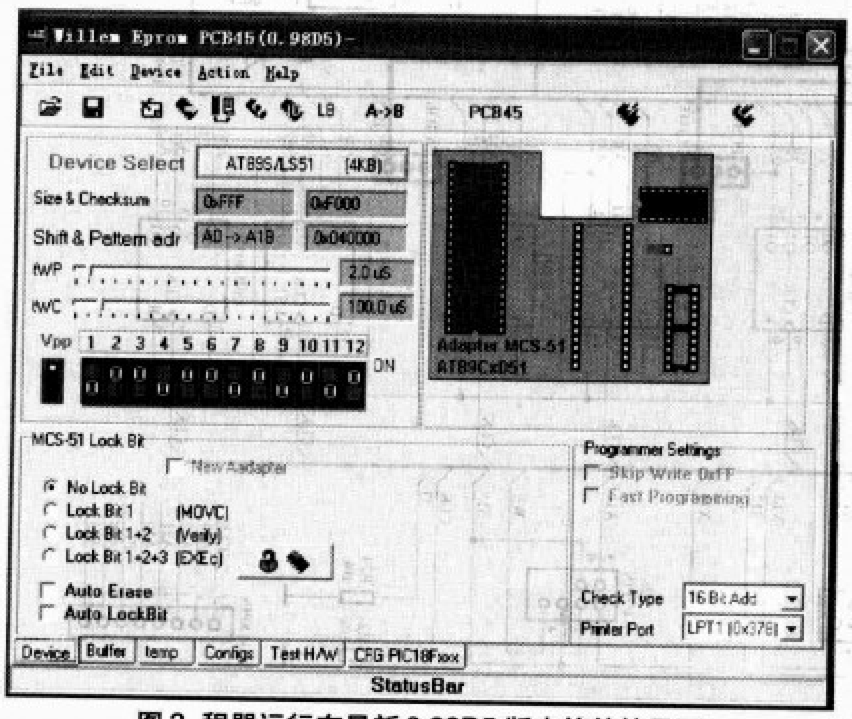


图3 程器运行在最新 0.98D5 版本软件的界面

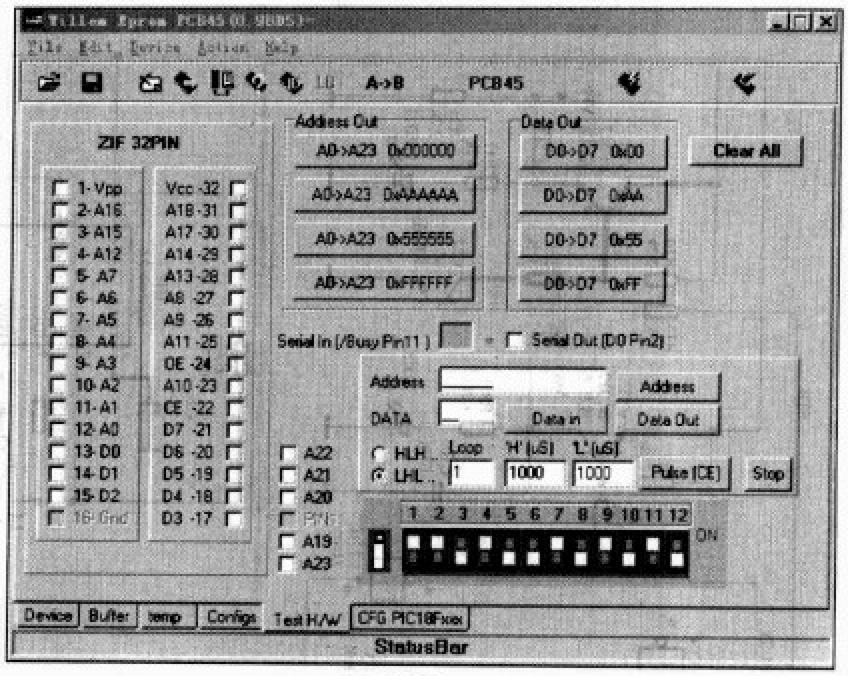


图4

1.检测之前，需要按照图示调整好DIP开关，跳线设置为默认方式。

2.选中“serial out(D0 pin 2)”，正常情况“serial in (/Busy pin 11)”应该变为“1”。若测试失败，仍然保持“0”。

3.测试控制信号：点击相应的单选框，将输出相应的控制信号。然后可以在编程器的ZIF32插座上检测输出的信号。

电源：测量第16脚(地)和第32脚直接的电压，正确的值为5.0V左右。

编程电压：测量第16脚(地)和第1脚直接的电压，正确的值为正确的编程电压12.75V左右。

WE：测量第16脚(地)和第31脚直接的电压，正确的值为4.5V左右。

OE：测量第16脚(地)和第24脚直接的电压，正确的值为4.5V左右。

4.Clear ALL(全部关闭)：关闭全部的控制信号，地址和数据输出为0。

以上测试均能通过，说明编程器已经正常工作。

读者可到 www.dragonchip.net/zip/willem_pcb45.zip 下载更多资料，包含有以下文件：

willem_SCH45.JPG：编程器的电路原理图

WillemSchematic.jpg：跳线设置示意图

pcb45partlist.doc：支持的1000多种芯片列表

还有英文原版安装程序和汉化安装程序、使用说明书等。

读者在制作使用中遇到任何问题，可发信到 yujunbai@msn.com 获得帮助。

单片机编程技巧

程序开发想偷懒就偷懒

文/左 仪

程序开发可是一件不轻松的活，尤其是像我们这样搞单片机开发的人员，既要写硬件的驱动程序，又要写算法处理程序。实际的工作中，如果将一些固定的硬件驱动程序(例如LCD的驱动，I^2C总线的驱动)做成库文件，像调用Keil提供的库函数一样轻松地调用，我们就可以分出更多的精力，专心写算法处理程序了！或者使用其他的方法将硬件的驱动等固定的子程序单独分离出来，以后我们想用就用，那多好啊！于是我在实际的开发中总结了一些方法。我自认为偷了一次小懒，心中不胜自喜，现在就将我偷懒的方法告诉大家，以便大家同我共懒之：)

要想以后偷点小懒，在开始时一定可不能偷懒哟！不然以后就偷不成懒了。“苦尽甘来”也不错嘛！以下就是我偷懒的方法：

方法一

将要用的硬件的驱动等固定的子程序做成子程序供主程序调用。这是最常用的方法，但它存在于主程序中，以后再用时，我们需要再从原先的主程序捡出所要用到的子程序，如图1所示。

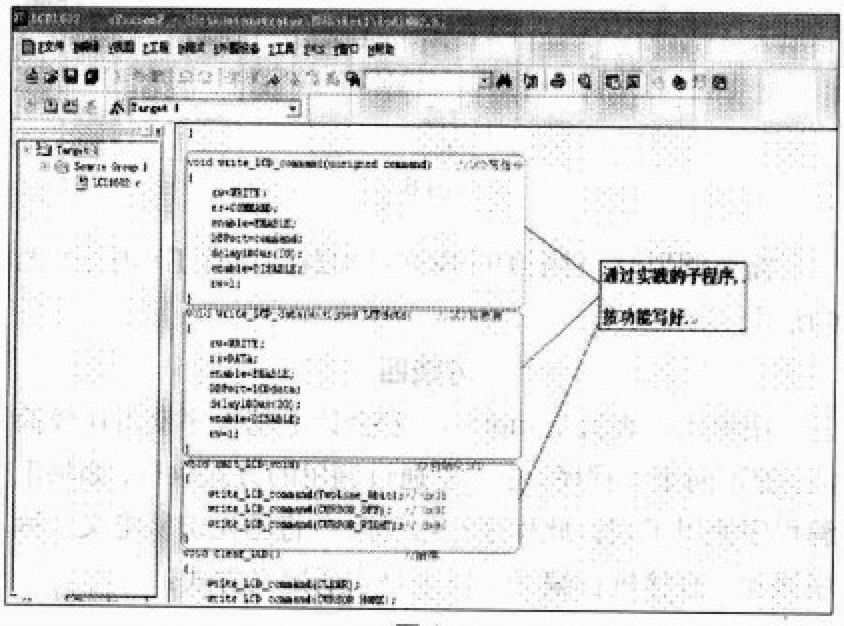


图1

方法二

将这些固定的子程序做成像Keil提供的库函数一样的库函数，以后想用就用。俗话说得好：“自己动手，丰衣足食。”自己动手将这些固定常用的程序做成库文件，我们说干就干，方法如下：

如果是C语言的程序，可将通过实践的子程序，按功能写好，也就是写出各功能的子程序，为了以后查看的方便，我们可以将子程序的名字用该子程序的功能命名。例如我要写一个驱动LCD1602的写指令的子程序，可以写成以下方式：

```
void write_LCD_command(unsigned command)
//LCD写指令
{
rw=WRITE;//0
rs=COMMAND;//0
enable=ENABLE;//1
DBPort=command;
......
}
```

注意，为了以后适应不同的硬件的需要，可在文件的前面通过宏对引脚加以定义。例如LCD液晶屏的驱动程序可写成这样：

```
sfr  DBPort = 0x80;   //P0=0x80,P1=0x90,P2=0xA0,P3=0xB0.数据端口
sbit       rs=P2^0;
sbit       rw=P2^1;
sbit       enable=P2^2;
```

如果时间允许的话，我们可以通过宏定义将开关量写成其功能意义，以便提高程序的可读性，如图2所示。

确保无误后，把文件保存为“.h”文件，例如LCD的

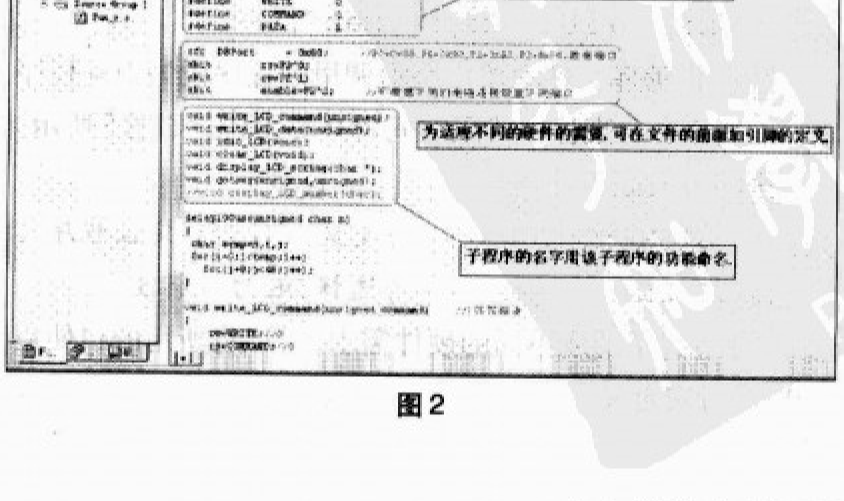


图2

图3

驱动程序可以保存为“LCD1602.h”，如图3所示。

以后再用到LCD1602的硬件驱动时，可直接在C语言程序文件加include “LCD1602.h”或者加“include <LCD1602.h>”调用，如图4所示。有一点需注意，如果

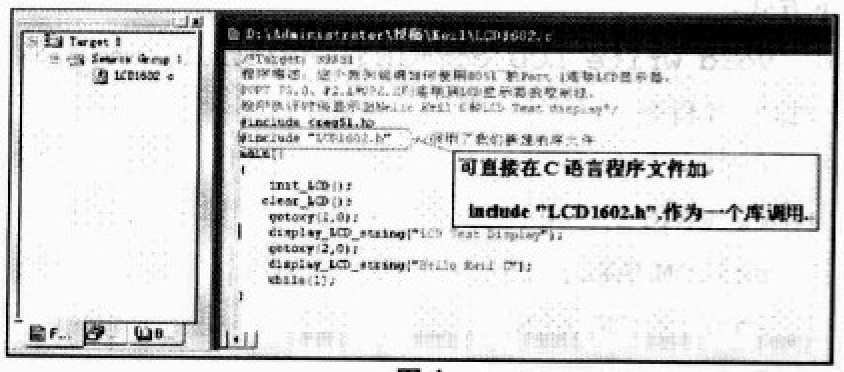


图4

放在“<>”内就表示该文件位于include子目录中；如果被包含的文件存在当前的工作目录中时，就必须用“”(双引号)括起来。

这样我们就建好了一个库文件，以后用到相关的子程序时，我们只需加载这个库文件就好了，而不需要再去找相关的子程序了。

方法三

如果是汇编程序，我们也不想变换为C语言程序语段，或者不能转换成C语言语段（因为C语言实时性不好），这时我们可以将其做成汇编的库文件。步骤如下：

1. 将通过实践的子程序，按功能写好。并在文件的开头声明为公共子函数。声明格式为：

PUBLIC 子函数列表

例如我们要做一个LCD1602液晶驱动的子程序的库文件：

PUBLIC write_LCD_command,……

2. 在汇编库文件中要声明需调用的程序段为当前程序段，不然将会出现程序代码空间重叠的警告，如图5所示。

声明方式如下：

```
DE SEGMENT CODE        ;定义DE段为再定位程序段
RSEG DE                ;选择DE为当前段
```

当然，为了适应不同的硬件需求，可以将所用的口使用EQU进行宏定义。

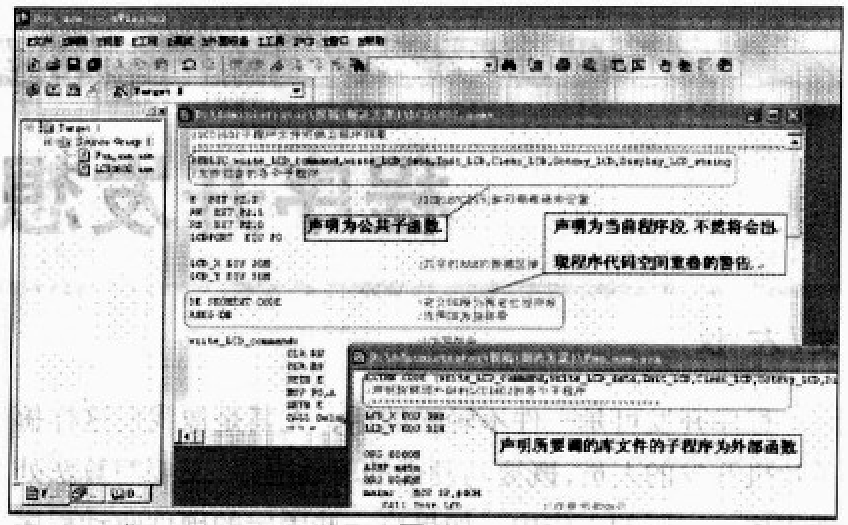


图5

3. 确保无误后，保存该文件，笔者建议用有关的器件名称或是该库文件所实现的功能名称命名。这样有助于日后的查找。到此我们的汇编库文件建好了。在以后调用时，只需将该文件加载到项目中，并在主程序中声明所要调用的函数为外部函数就可以了。声明格式为：

EXTRN CODE (子函数列表)

例如我们要调用LCD1602液晶的驱动库文件的子程序，就可以这样声明：

```
EXTRN CODE (write_LCD_command,......);
声明所调用是外部函数
```

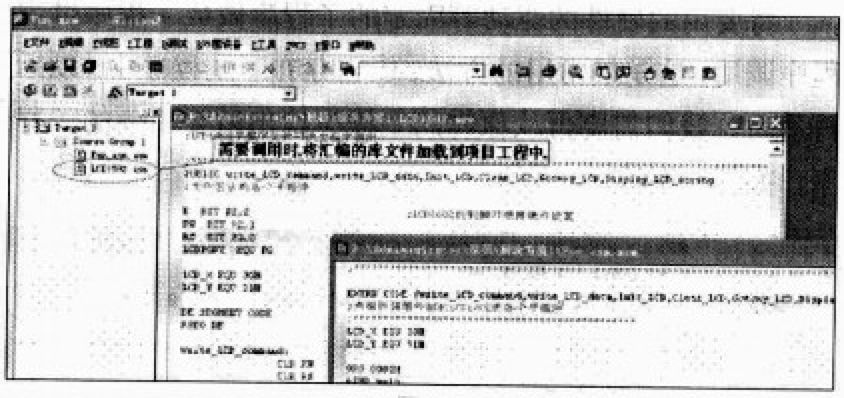


图6

需要调用时，将汇编的库文件加载到项目工程中，如图6所示。

方法四

使用宏，也就是macro。宏会让汇编程序变得比较简洁，宏不同于子程序，它不是通过调用的方式执行，如果汇编程序使用了宏，此程序在编译时会将原先宏所定义的程序展开，直接进行编译。以下是宏的定义方式：

```
%*define ( )(
        macro的指令
)
```

当汇编语言程序定义好宏之后，就可以直接在程序中使用。例如，我们定义一个叫做%write_LCD_command的宏，如下所示：

用单片机做的8通道无线遥控器

文/王让

本文用AT89C2051单片机和无线收发模块组件制作了一个8通道无线遥控器，见图1。相当于实现了8位数据的无线传送，是单片机串口通信与无线收发模块组件配合使用的一个实用电路。用无线收发模块实现无线遥控要与PT2262/72、MC145026/27等编译码集成电路配合使用，一般最多可实现4路或6路的无线遥控，而通过应用单片机的I/O口可以实现8路或16路的无线遥控，而且实现的效果和专用的编码译码集成电路一样稳定，不会出现乱码现象。由于用单片机的成本相对要高些，所以不是说该电路能完全取代专用的编译码集成电路，但是在要求被遥控的对象较多时可以采用本文的电路。

本电路主要是通过软件编程滤除无线接收模块的干扰（超再生接收电路本身的间歇振荡信号）见图2及单片机的时钟振荡电路产生的谐波分量干扰（用频谱分析仪可以看到）见图3。从而使得单片机电路和无线收发模块组件可以很好地结合起来。遥控距离取决于无线收发模块。本人制作用的315MHz收发模块型号为TDL－9921（接收模块）、

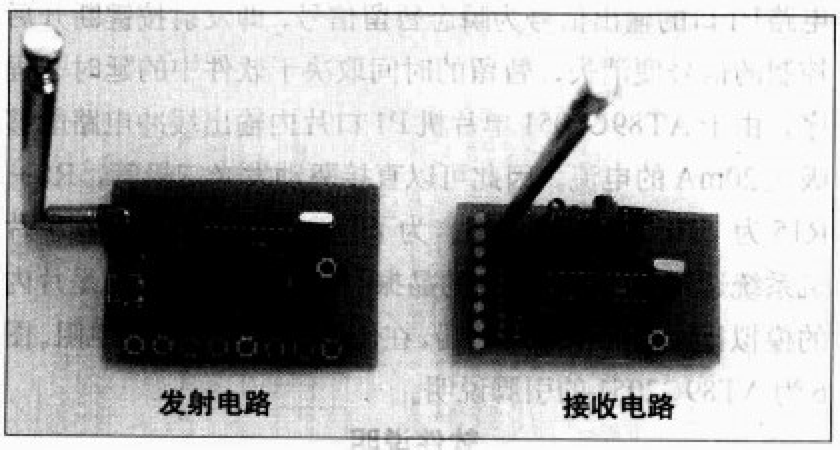


图1

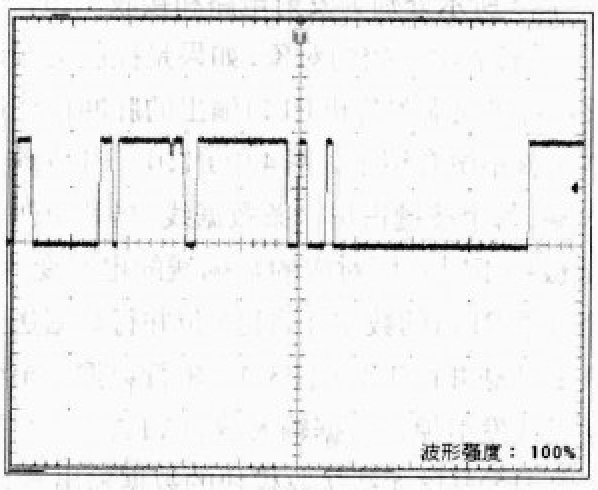


图2

```
%*define (write_LCD_command);LCD 写指令
(
CLR RW
CLR RS
SETB E
MOV PO,A
……
)
```

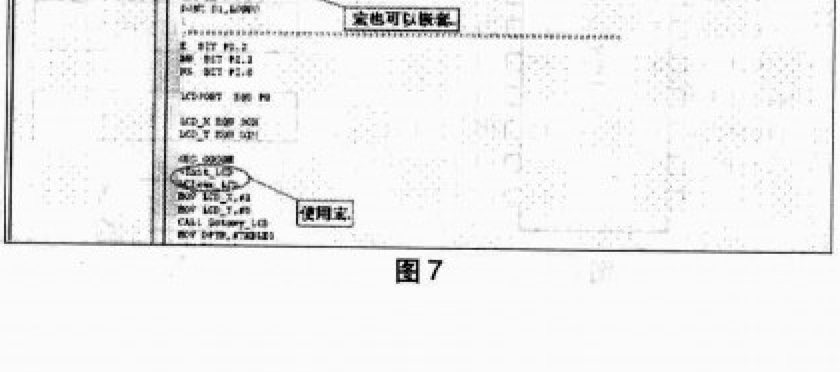


图7

在程序中就可以使用这个宏，使用时只要写%write_LCD_command即可，如图7所示。

由于宏是直接参与编译的，也就是在编译的时候宏所定义的子程序将直接替代宏名编译，因此，笔者不建议新手们使用宏。

以上就是笔者的一点实际经验，在开发中靠着这些方法偷了些小懒，愿这篇文章能起到抛砖引玉的作用。本期杂志的配刊光盘中附有以上几种方法做的库文件实例，以便大家同我共懒之。使用时，在了解所附的库文件的功能的基础上，若在以后的工程中要用到所提供的库文件，可直接在C语言程序文件中使用#include“库文件名”或者#include<库文件名>加载库文件。但有一点须注意：如果使用#include“库文件名”加载就表示该文件位于include子目录中；如果被包含的文件存在当前的工作目录中时，就须使用#include<库文件名>加载了。一切OK，就可以放心地写自己的算法处理程序了。

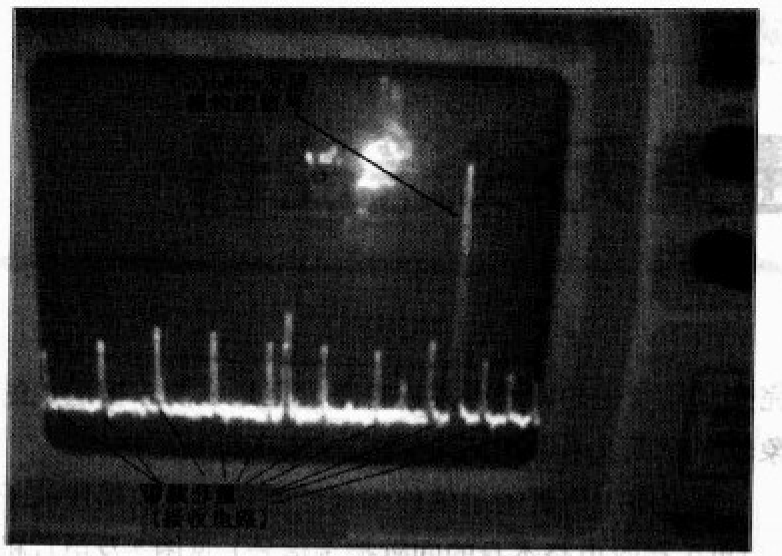


图3

TDL-9912（发送模块）。实际空旷地测试距离可达150多米。若更换大功率的收发模块可以实现更远距离的遥控。

硬件电路原理

图4、图5所示分别为发射电路和接收电路，电路中以8个发光二极管表示遥控的对象，如果是控制电器设备的开与关，只要对接收端单片机P1口输出的脉冲信号进行处理即可，本文就不做介绍了。图4中P1.0~P1.7作为8个按键的输入端，每个按键占用一条数据线，当其中任意一个或多个按键被按下时它所对应的数据线的电平变为低电平。单片机将读取P1口的数据并将这8位并行数据送到发送缓冲区SBUF装载并由TXD（P3.1）串行数据输出引脚送入315MHz无线发射模块数据输入端DATA，将数据发送出去。图5中315MHz无线接收模块的数据输出端DATA脚直接与RXD（P3.0）串行数据接收引脚相连，无需将接收模块的信号进行放大再给串口输入端，由于接收模块输出

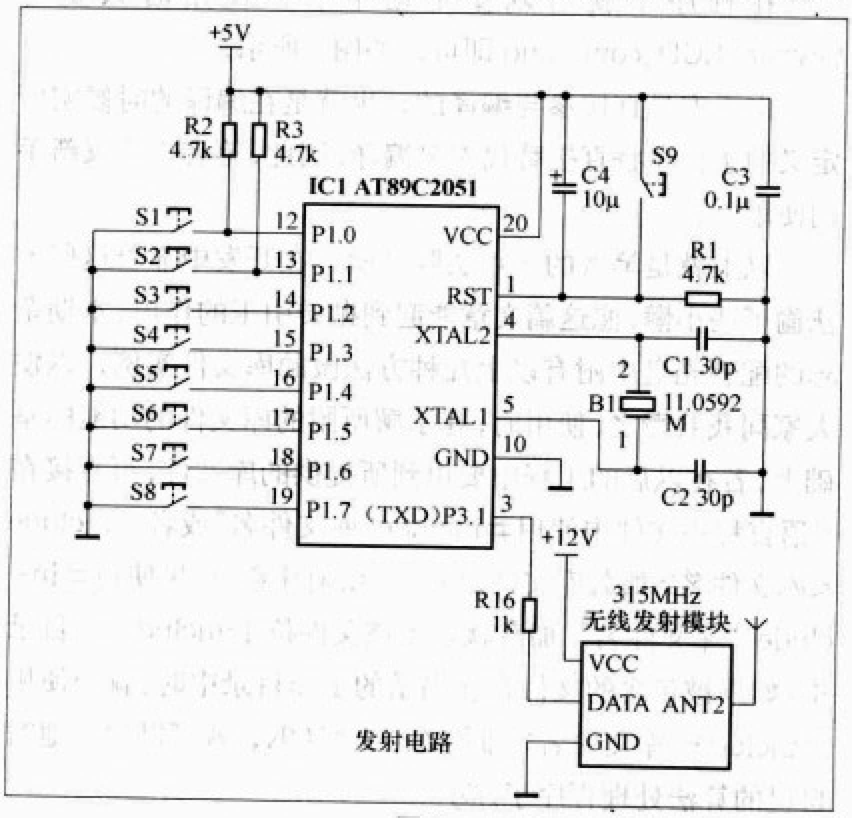


图4

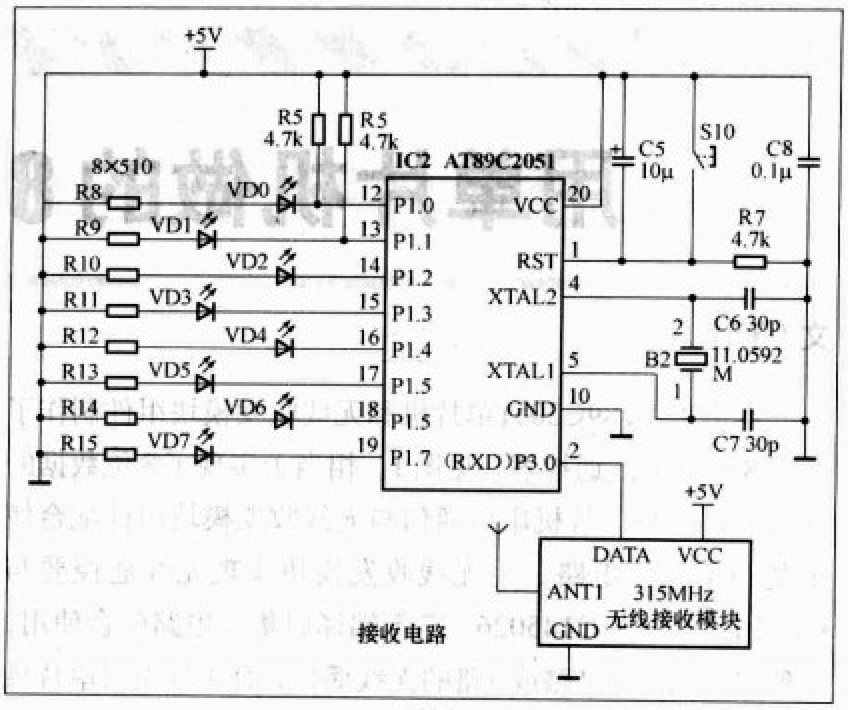


图5

的电平能满足单片机串口的电平要求。单片机将送来的数据进行处理最后送到P1口，相应的发光二极管发光。接收电路P1口的输出信号为瞬态暂留信号，即发射按键断开后控制的信号便消失，暂留的时间取决于软件中的延时子程序。由于AT89C2051单片机P1口片内输出缓冲电路能够吸入20mA的电流，因此可以直接驱动发光二极管，R8~R15为510Ω的限流电阻。为了得到精确的波特率，单片机系统选用11.0592MHz的晶振。P1.0与P1.1分别是片内的模拟比较器的正负输入端，在使用时必须接上拉电阻。图6为AT89C2051的引脚说明。

软件说明

串口采用10位异步通信方式1、波特率为2400的传输速率，若传输速率过高则接收数据不稳定，会出现误码，这取决于无线收发模块的数据传输速率。采用定时器T1模式2作为波特率发生器。即TI、RI都是受波特率T1的溢出率控制的。数据发送和接收都采用查询方式。

数据发送原理是通过查询TI（发送中断标志位）的值，判断发送是否结束，只要TI为“0”就继续查询，直到T1为“1”才表示数据

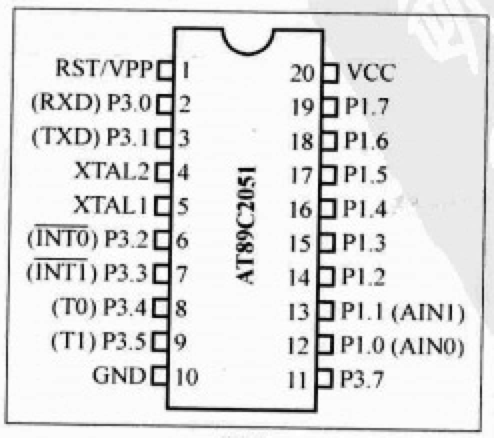


图6

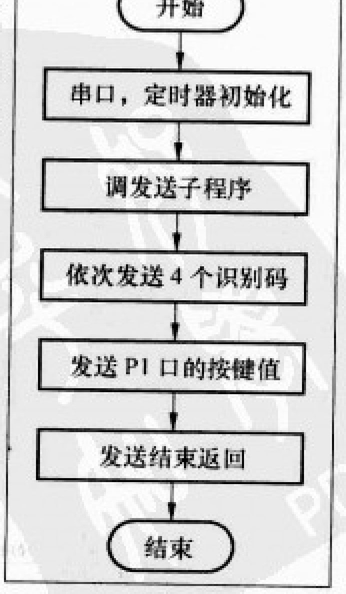


图7

附表

波特率	频率（MHz）	SMOD	定时器T1模式	定时器初值
9600	11.0592	0	2	FDH
4800	11.0592	0	2	FAH
2400	11.0592	0	2	F4H
1200	11.0592	0	2	E8H

说明：该表中为常用波特参数选取关系，单片机在复位时SMOD为0。

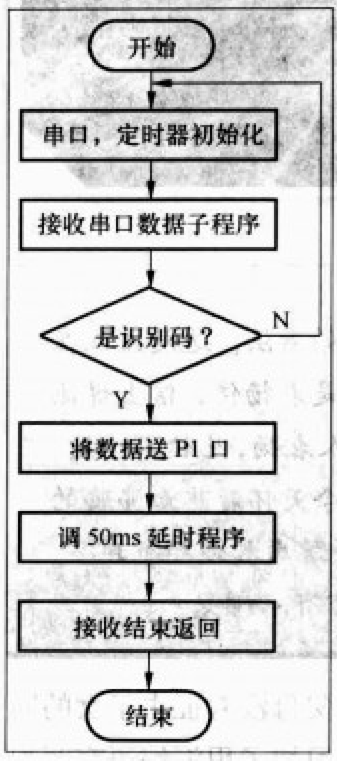


图8

已发送结束，发送完毕后由指令CLR TI将TI清零，然后进入下一组数据的发送。发送流程图见图7。

数据接收原理同上，也是查询RI（接收中断标志位）的值，为“0”则数据未接收完毕，需继续查询，若为“1”则表示数据接收完毕，此时由指令CLR RI将该位清零，然后进入接收下组数据。接收流程图见图8。

在程序流程图中需重点说明一下的就是关于“识别码”的问题。接收电路一上电，通过示波器观察会发现315MHz无线接收模块的数据输出端有杂波（无线接收模块的超再生电路本身所产生的间歇振荡电压信号，见图2），该信号直接进入了单片机串行口中。如果在程序中不加入软件编程滤除杂波这一步则会出现乱码现象，为了排除干扰引入了自己定义的“识别码”。“识别码”不同于奇偶校验码，识别码实际上是一些特定的数据，如从十六进制中的00～FF中任意取的数值做为密码。即在正确的数据未发送前，先发送一些“特定的数据”接着再发送正确的数据。而在接收端则是先将接收到的数据进行校验是否是“特定的数据”，是则把正确的数据送到输出端，不是则不输出数据且返回继续校验。这一识别码不仅给按键加了密还消除间歇振荡信号的干扰，起到一举两得的功能。本程序中先发送出4个识别码，接着再发送P1口的按键数据。在接收程序中的识别码和发送程序中的码是一样的，然后单片机通过检验所接收到的数据是否与识别码一致，是则将数据发给接收端的P1口，否则重新接收并检验数据，如此循环。从而保证了接收数据的正确和可靠性及稳定性。信号波形见图9。程序中无需加入按键延时消抖程序。

注意事项

在制作和调试过程中要特别注意的问题：程序中接收与发送的单片机的波特率必须相同，如果读者换用了传输速率较高的收发模块，则可参考附表的数值对波特率进行修改。

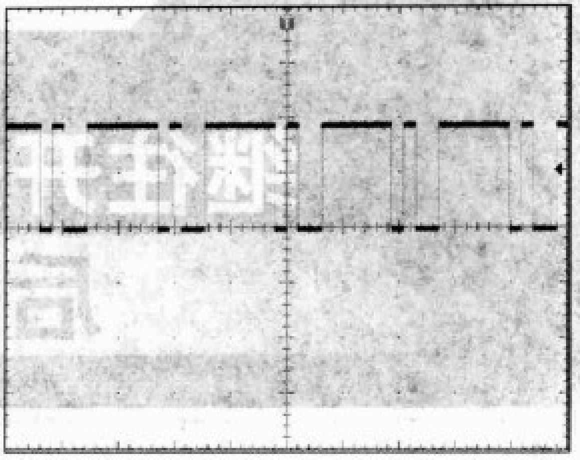


图9

如果想更换识别码要注意发送和接收的识别码的顺序要一致如发送端第一个识别码的数值为3FH，那么在接收端的程序中的第一个校验识别码的数值也必须是3FH。可以说识别码越多数据越稳定，但不是越多越好，到底加多少的识别码是合适的呢？这个就留给读者到实践去测试吧^_^

关于315MHz收发模块资料读者可以访问www.oldzhang.com了解更多。

第2期“单片机编程魔法学校”专题预告

文/编辑部

2007年第11期《无线电》杂志刊登了杜洋撰写的“单片机入门制作”系列专题文章，许多读者来信来电表示非常喜欢这种轻松幽默的文风。下一期本刊将继续刊登由杜洋执笔的“单片机编程魔法学校”专题文章，带你进入更加有趣的单片机编程世界。主要内容如下：

1. 构建编程思想

对于刚入门的初学者来说，一般是不了解单片机编程的概念的。这部分就用最简单通俗的语言介绍什么是程序，什么是编程。

2. 建立编程平台

介绍编写单片机程序所需要的硬件和软件，告诉你怎样建立起编程的平台环境。演示从编程到把程序下载到单片机的一般操作方法。

3. 实际动手改写第一个程序

多数初学者都是从读别人的程序和改写程序开始编程之旅的，这一节内容可让你对作者写好的汇编和C语言两个程序进行改写，从中找到编程的成功感觉和乐趣。

4. 实际动手重新写一个程序

让读者用C语言从头开始实际写一个程序，从中介绍程序结构和习惯的重要性，这并不只是程序实际的功能，而是讲程序源代码的格式和技巧。

5. 从终点回到起点

教育的目标是有一天可以不教。在这一节作者总结自己的经历和感受，介绍了从“魔法学校”毕业后的你怎样在网络环境下自学和与他人交流，助你往更广阔的世界进发。

继往开来，后来居上

文/杜 洋

编辑部的老师发过来一封读者的来信，内容是对我在《无线电》杂志上发表的“处男作”的看法。这是发表在2007年第11期的《单片机入门制作专题》，是我在《无线电》上发表的第一篇文章。呵呵，又是表扬信，信上说他看过我的文章之后热血沸腾，没有想到我看过他的表扬信之后也是热血沸腾了。从小就喜欢别人表扬，吃软不吃硬，自诩为激励型人才。虽然事前已经说好再写一篇关于单片机编程的文章，可是一直没能提笔。今天怀着热血沸腾的心情敲击键盘，借着火爆一时的《哈利·波特》而得名《单片机编程魔法学校》，我就是校长兼首席教师邓布利多。在欣赏本专辑之前要先通读《单片机入门制作专辑》才能继往开来，不然你会感觉本文的内容有点唐突。

忆往昔续集

三年前，哈尔滨学府书店开业大吉！…… 熟透了上一篇文章的朋友还记得我的经历吧？上次重点讲到我了解单片机的过程，后面的学习一带而过，没想到这一次还要继续往下讲，应该算是续集。在船舶电子城买到了单片机实验板所需要的零件，照着书上的电路图开始焊接。平时就经常制作一些数字电路的小作品，所以焊接单片机电路也并不困难，只是焊接时一直在担心程序的部分。是的，对于大多数刚学习单片机的电子爱好者来说，向单片机内写程序还是大姑娘上轿——头一回。我的第一个念头是怕，怕我不会成功，这种对新事物的恐惧是很自然的。现在看来，这种害怕是完全没有必要的，历来初学者都是先学习一个流程，流程通了就基本没了困难。我把第一个HEX下载下去，板子上的LED开始闪烁，又下了一个HEX文件，按键可以控制LED了。当时就想这也很简单嘛，于是继续往下学习。现在我知道单片机的编程相对其他技术是多么的简单，可是当我什么都不知道的时候只好什么都相信。也许是我选错了教材，而让我多走了一些弯路，或许说这些弯路反而给了我更多的经验。我所参考的一本单片机学习教材是一本简单易用的入门指南，我依然很感谢它给我的帮助。这本书在讲到编程的时候就直接用了汇编语言，而且讲得还算详细，我也就顺其自然地跟着学了起来，后面又讲到了定时/计数器、中断之类的内容也全是用汇编讲解。当汇编学了三个月之后我才慢慢了解到汇编语言并不是唯一的编程语言，还有C语言、BASIC语言等。问题就在于作者没有让读者了解全局并给予选择的机会，就像父母对儿女永远是有亏欠的，因为父母没有征求子女的同意就让他们来到这个世间。我已经习惯了用汇编语言写程序，对其他语言也并不了解，曾有一时我在技术论坛上发帖子问一些单片机高手：是汇编语言好用还是C语言？很快我得到了回复，不过这让我更困惑了，因为高手们都是分为两派，一方说汇编语言好，一方说C语言好，偶尔有几个老好人说两个都好。我也一度加入论战，我站在汇编语言一边，即使我对敌对的C语言并不了解。

两年后，我也有了一定的能力，可以开发一些中、小型单片机系统了，这时候我决定学一下C语言，这一学不要紧呀，一下子让我爱上了它。可能没有汇编的根底也不能让我做出对比，C语言的优势真是“不堪设想”，其中最重要的就是它的通用性是汇编不能媲美的。不论是51系列、AVR单片机、ARM核的32位处理器，还是嵌入式操作系统的开发都可以使用C语言。51系列单片机的汇编语言是不能应用在其他类型单片机上的，而C语言就是来者不拒，只要简单修改一下就可以放在其他单片机上使用。真可谓是一通百通，编程一点通呀！余下的日子里我开始深入学习C语言了，借鉴别人程序中的优点为我所用，与爱好者交流讨论，终于总结出了自己的一些编程思路和技巧。毕业之后我来到一家嵌入式系统开发公司工作，工作近2年来虽然技术不突出、业绩不突出，但怎么说瘦死的骆驼比马大，嵌入式系统业界经验还是有一点的。现在我对汇编语言和C语言都有一定的了解，也有一些嵌入式系统方面的经验，应该可以从全局角度观察问题。借助《无线电》的平台将我所知道的技术和经验打包和大家分享，我会用通俗易懂的文字、嘻皮笑脸

的风格讲述编程故事，希望下面的内容可以帮助编程初学者入门，也可以和编程老手们交流探讨。

编程何物

在我的书架上有几本我认为不错的关于单片机编程的书，可是他们都有一个共同的问题，那就是没有一本书在开篇讲解什么是编程。也许作者认为地球人都知道，或是认为这并不重要而把精力放到实践讲解，这和学校里的课本正好相反。我认为这重要得不得不说，所谓编程就是编写程序的意思，翻开《现代汉语词典》，里面对“程序”的解释是这样的：1.事情进行的先后次序：工作~，会议~。2．指计算机程序。第2条解释很有趣，竟然用程序解释程序。就好像有人问杜洋是哪个杜哪个洋？我回答说是杜洋的杜、杜洋的洋。我认为程序二字应该分开来看：“程”是指规矩、法则，是要有一定的结构和框架，按照一个规则办事；“序”是指以时间为基准的先后关系，是说在时间上要有先有后、有始有终。我们所说的编写程序就是在想方设法满足“程序”二字的含意，在学习编程之前一定要先领悟它，至少当你成为单片机高手时不至于被初学者问倒。说句题外话，当你成为单片机高手之后，如果有人问的问题你也不知道时，一定要沉住气，并用严厉的语气反问：“这个问题你都不知道，自己去找资料！”实践证明这招很有效，当然如果初学者听到高手讲这样的话，那八成他也不会，不要难为他了，给个台阶下吧。

如果你是单片机初学者或是只想了解编程是怎么回事的朋友，那你算是捡便宜了，因为下面我将用通俗易懂的例子说一说编程，带你轻而易举进入单片机编程世界。走过，路过，千万不要错过。

·_·找一个好用又实惠的例子来通俗介绍编程真是不容易，还好我们是在单片机编程魔法学校，能来本学校的当然都不是“麻瓜”。要知道学单片机编程一般都是为了控制，自动化控制或是智能控制。我在《单片机入门制作专题》里有一个“第一个程序”的例子，现在我们依然拿它开刀。它是让一个接到单片机P1.0引脚上的发光二极管闪烁的程序，通俗易懂的程序见[程序1]。

惊讶吧？通俗到了一定程度了吧？我可以很负责任地告诉你，编程就是这么简单。上面这段程序就是你对单片机说的任务，只要把指令传给他并接通电源，他就一丝不苟地按照命令执行。别把单片机当成一块机械，其实他也有生命，你是单片机爱好者就要像爱朋友一样爱他，写程序就是在和单片机对话的过程。你的话说得好，他就乖乖地听从；你的话说得烂，他就会推给你一堆问题。当然实际的单片机程序并不像[程序1]这样写，这只是给人类看语言，单片机需要更专业的语言才行。现在我们就看一下[程序1]这段程序用C语言是怎么写的，见[程序2]。

这是一个真正的单片机程序了，将它下载到单片机就可以实现闪烁LED效果。程序中有一块叫做“延时程序”的部分（3），这个大家不用过问，它只是为下面“亮1秒钟”

[程序1]

```
你是AT89S52单片机，
你的P1.0引脚上接了一个发光二极管，
你的工作内容如下：
  先点亮发光二极管，
  亮1秒钟，
  关掉发光二极管，
  关1秒钟，
  重复这些工作。
```

[程序2]

```
#include <AT89X52.h>                  //你是AT89S52单片机              (1)
sbit LED = P1^0;                      //你的P1.0引脚上接了一个发光二极管  (2)
void Delay(unsigned int a){           //延时程序(ms)                   (3)
  unsigned char i;
  while( --a != 0){
     for(i = 0; i < 125; i++);
  }
}
void main(void) {                     //你的工作内容如下：               (4)
 while (1) {                          //重复这些工作                    (5)
      LED = 0;                        //先点亮发光二极管                 (6)
      Delay(1000);                    //亮1秒钟                        (7)
      LED = 1;                        //关掉发光二极管                   (8)
      Delay(1000);                    //关1秒钟                        (9)
 }
}
```

(7) 和"关1秒钟"(9) 所服务的，其功能是什么都不干，空等一段时间。Delay(1000)；就是 (3) 的延时程序在主程序中被调用，括号里的数字就是空等的时间，单位是毫秒，这里的数值是1000，既1000毫秒也就是1秒钟。不要再深究，以后你会知道它的原理，但原理并不重要，这已经是经典的子程序了，使用时直接复制、粘贴就行了。

大家要注意，"//"符号后面的文字是注释信息，在生成HEX文件时并不会用到它们。有人认为注释信息不是程序的一部分，只是对程序内容的提示，是可有可无的。我要说这是错误的想法，注释信息在每一个关键语句后面都应该留下，因为程序部分是给计算机看的，注释信息是给人看的，这是解释你程序含意的帮手，别人可以通过注释信息快速理解你的程序，你也可以快速理解别人的程序。假如[程序2]中的注释信息我不写的话，看看你会不会骂我。现在为了奥运，大、中城市的标语都是双语了，如此专业的单片机程序更应该人和机械两不误，你说是不？养成良好的习惯很有必要。[程序2]的解释到此为止，先不用了解程序部分是怎么实现闪烁 LED 功能的，日后你自然会知道，现在只要你对编程有了一定了解并产生了足够支撑你继续看下去的兴趣和信心就可以了。只要你认真看下去，你的每一处疑问都会得到解答。

编程始末

上文说过，一定要从全局考虑问题并给予选择的机会。那么现在就说一说小小编程在银河系里的地位吧，带你跳到更高的位置思考。你可能想不到HEX文件里的二进制代码原来是要人来写的，在KEIL里面点击编译就可以瞬间完成的工作在单片机发展初期是不可想象的。人们将自己需要的程序转换成二进制代码写入单片机，而且当时的技术有限，每个单片机只允许写一次，如果第一次写错了，这个芯片就变成了废物，现在这种方法早已经没人使用了，只留下这片段的文字回忆。那段艰苦岁月总算过去了，人们有了集成开发环境和仿真工具，程序不需要下载就可以用仿真器直接实验，大大方便了编程中的校错，但那时的单片机还是少数人的奢侈品。后来人们可以用汇编语言和C语言开发程序了，而且FLASH ROM技术的发展也让单片机可以多次写入，使用者可以将程序下载到单片机中运行，运行中发现有错误就改正后再写入再运行，直到完成。这也就是我们现在单片机爱好者的主要的境界，我们多是在写一些简单的程序，这样的程序是单任务的，不能实现一块单片机同时干多件事情，而且程序都是一些底层的操作，很难发展壮大。当我们还在为这种简单方便的编程方式津津乐道时，嵌入式操作系统又悄然兴起，这是从计算机软件方面发展过来的，所以我们并没有察觉。嵌入式操作系统不像现在我们写的单纯程序，它是更强大的管理程序，具有多任务管理、文件管理和设备管理，常见的嵌入式操作系统有μC/OS、Linux、Win CE、VxWorks等。他们也是用C语言或更高级的语言写出来的程序，只是他们更强大、更复杂。这些嵌入式系统的程序开发多是用C语言完成，为了初学者可以继往开来、后来居上，本文主要讲解的也是简单易懂、应用广泛的C语言。在51学成之后你有可能接触到嵌入式操作系统，更详细地介绍应该是另一篇文章的事情，这里我们回到单片机的简单编程，从基础开始。另外还有原始积累的问题不得不提，许多爱好者朋友对与使用别人的程序都有一些想不开。都说中华五千年文化博大精深，我们今天的文化都是传承了前辈的原始积累，我们的语言、文字和价值观都是多少年来的发展变迁的。单片机技术自发明到发展也有几十年的历史了，前辈们也积累了大量的资料和经验，一些常用的程序已经经过许多先辈修正、升级，已经相当可靠了。我们后来者不必非得从头开始，什么事情都要自己做是徒劳无趣的。学会站在巨人的肩膀上，你的目光将更高远。

为玩而学

听说奥组委的一些外国朋友来北京视察，在听取北京开幕式的节目介绍时常问的一句话是："这个好玩吗？"是呀，玩是人的天性，老外心态好、想得开，什么事都当成是在玩，不考虑那么多"大人的问题"，反而活得开心、自在。我们爱好电子技术的朋友也就是以此为乐的，凡是学习的东东都是为了玩得过瘾。单片机是好玩的，因为它完成精准而复杂的工作只需要几条程序，这让大家爽歪歪的同时也上升到一个更高的技术层面。

我把单片机的玩法大致分成三个类型：硬件玩法、编程玩法、设计玩法。所谓硬件玩法就是把单片机当成一块普通芯片来玩，在网上找一些感兴趣的制作，下载HEX文件到单片机上，按制作品的资料焊好电路板。整个过程不涉及到编程，只是使用网上现有的资源，这对于不喜欢编程或暂时不会写程序的朋友相当适用。编程玩法是说自己写一个程序或是在现有程序的基础上进行改进来达到自己所需要的功能，前提是你已经找到现成的产品了，你只是让它多一些功能或是更有个性罢了。设计玩法算是高级的了，就是在没有任何前辈铺路的情况下自己研究的功能和软件程序，需要爱好者有较好的基础又要有创新的设计能力。以上可以看出，现在不是你学习单片机而是你要玩它，不管是硬件电路还是编程程序都是你达到设计目的的一种手段，只要可以达到目的，不论是用什么单片机或是用什么语言编程都无关轻重，关键还在于你的理解和设计思路，千万不要为学而学，从爱好者变成会学不会用的"碍事者"。

扶摇直上，平步青云

——建立编程平台

文/杜 洋

巧妇难为无米之炊，学习编程也不能没有平台。编程平台可以分硬件平台和软件平台，硬件平台就是一块单片机实验板和其他附件，如ISP下载线、电源等，总之是可以让程序下载到单片机上并可以看到效果的硬件部分。我已经在《单片机入门制作专题》中介绍了，这里不再重复。软件平台是指可以实现程序编写到下载至硬件平台调试的软件工具，也就是要有KEIL C51的编译器，ISP下载的ISPlay V1.3软件，还有像串口助手、仿真软件之类的。一段话点明了我们的目标，我们就是要拥有它们、使用它们，让这些小可爱为我们服务。在你的大力配合之下，本节文章正在竭尽全力完成任务。

——○ 硬件平台 ○——

写到这里我就开始后悔了，后悔为什么上次的文章没有和这期一起写。编辑部的老师告诉我在这篇文章里既不能有太多重复的内容，又不要让读者反复地去翻第11期的文章。哈哈，这个要求对我来说也太难了吧？还好我一颗红心两手准备。硬件平台建立的文章已经在《单片机入门制作专题》中说得很详细了，不能再重复，给出两张电路原理图（见图1和图2）。没看过第11期的朋友可照着这两个图把硬件制作出来，如果制作中出现问题再去翻看上次的文章吧。这样一举两得，杂志社的老师不会说我凑字数，也让长期订阅《无线电》的朋友更有优势。《单片机入门制作专题》中的实验板和ISP下载线的制作部分大家有没有跟着制作呀？可能有些朋友直接就去做实用的电子钟了吧？让你偷懒，现在讲编程了，

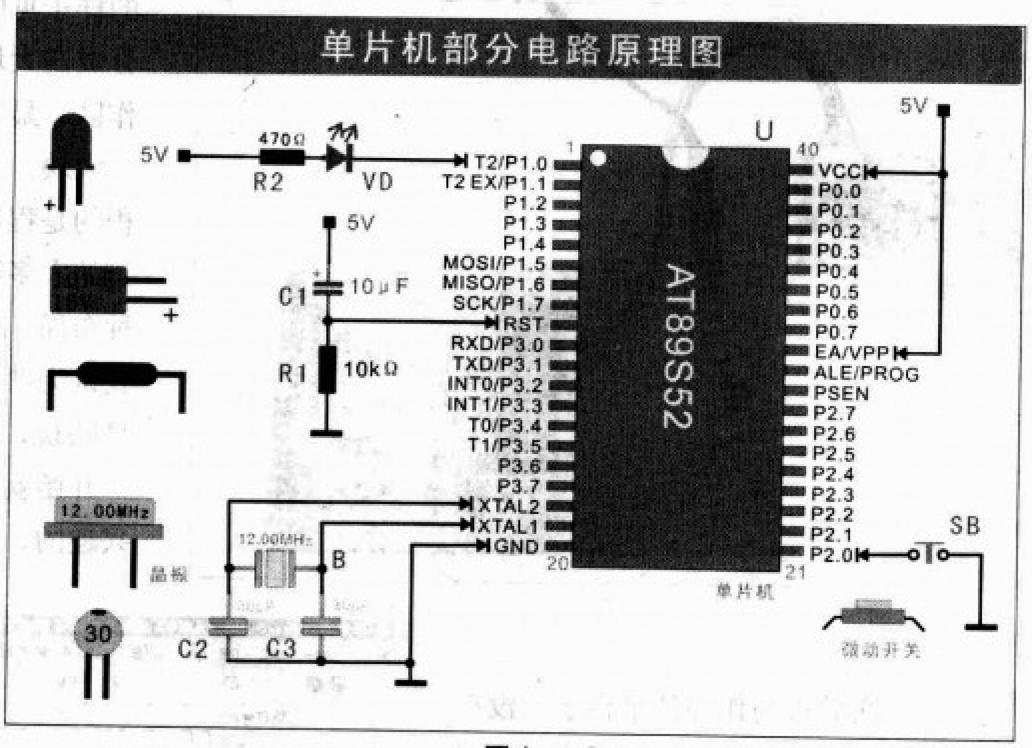


图1

——○ 千金一诺 ○——

大家总是对我的承诺感兴趣，这种独特写作风格依然会延续到我的每一篇文章，就好像佐罗的“Z”一样。学习编程是要多看、多写、多研究的，所以我的承诺也只限于你专注于此的时候，你不一定学得比别人好，也不一定学得快，但是对编程的兴趣一定要保持下来，这是放长线钓大鱼，我会不时地激励你的，但主要还是靠自己。

亲爱的朋友们，看过《单片机编程魔法学校》你将得到以下收益：

★了解我的编程经历，对单片机编程有一定的认识，对单片机编程产生兴趣。

★轻松建立起一套单片机编程开发平台，有了这套平台你就可以扶摇直上，平步青云。

★跟着本文的操作你将学会轻而易举地改写别人的程序，让你的程序五花八门，想变就变。

★跟着本文的操作实际动手重新写一个程序，让你在程序世界里翻天覆地，呼风唤雨。

★认真阅读本文，并依法炮制既让你了解驱动程序编写和调试，了解业内故事从而明确你的发展方向，让你变成全能高手，指点江山。

★通篇阅读之后，保证让你继往开来，后来居上！

OK，Ready？GO！！！

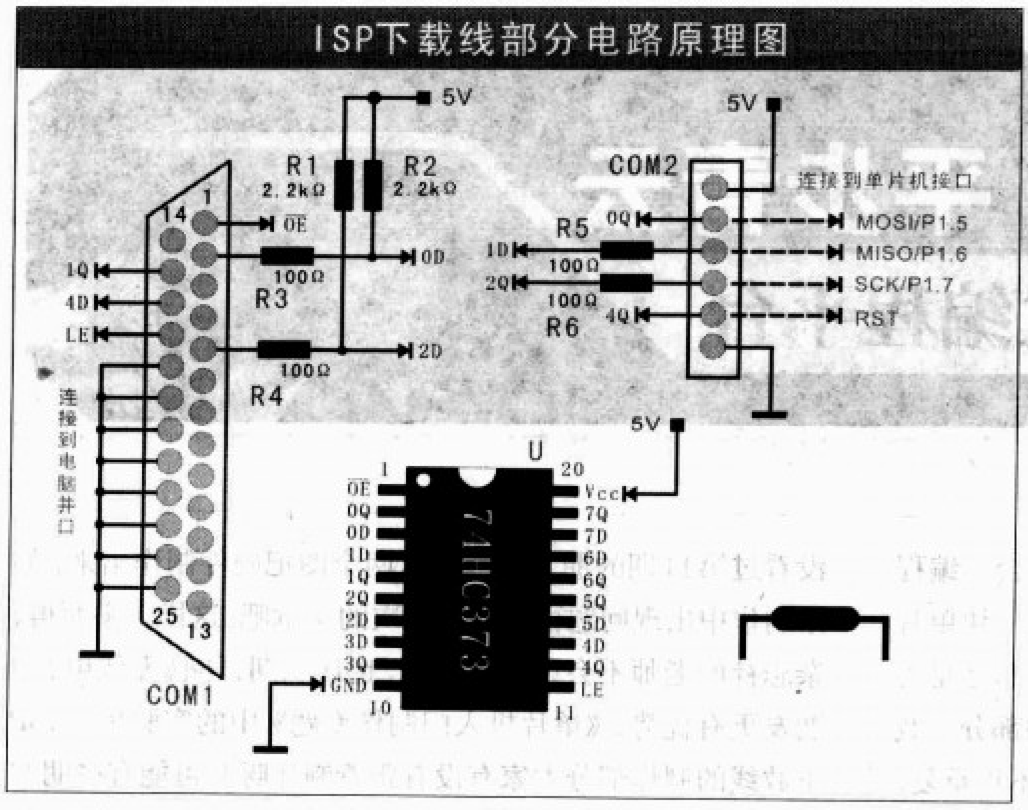


图2

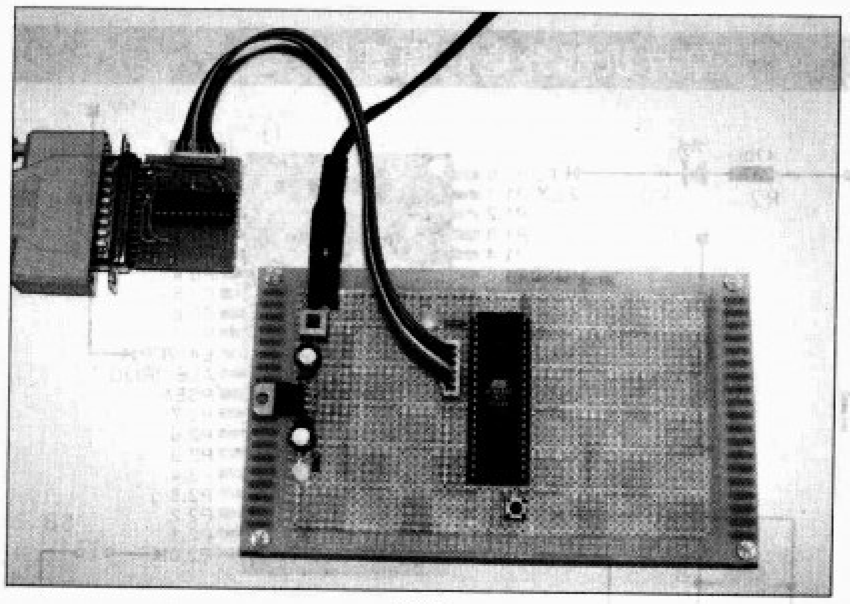


图3

就以这个实验板当作硬件平台了，没有就慢一拍喽。幸运的是现在后悔还来得及，做好后如图3所示。

软件平台

真是希望多写一点关于硬件平台的文字，字写得多可以多赚些稿费还是挺实惠的。幸好我是一个真正的人、纯粹的人、脱离了低级趣味的人，本着对广大《无线电》爱好者负责任的状态来写文章的。所以我想还是好钢用在刀刃上，重点来说说软件平台的建立和常用的操作方法。KEIL 软件大家已经不会陌生了，这是学习单片机编程最常用的软件之一，你可以在网上下载到优秀的版本并安装它。为了方便大家理解，我采用一款汉化版的 KEIL 作为讲解对象。

我已经说过，KEIL 软件的功能很多，介绍KEIL的使用就可以独立成书了，而我们只是讲到 KEIL 最基本的编辑程序文本和编译成 HEX 文件的功能。KEIL 的仿真功能也一样强大，有兴趣的朋友可以研究一下，其实我也不会用它的仿真功能，因为一般实验都用不到，所以我理直气壮。

打开工程

在本期《无线电》的配刊光盘里有一些例子程序是配合文章使用的，在“第一个程序”的文件夹下你可以看到一堆文件，其中有我们熟悉的“.c”文件和“.h”文件，还有统领三军的“.Uv2”文件，见图4。“.Uv2”是工程文件，双击它就可以直接打开一个工程。工程打开后的样子见图5。认真看一下图5，我们把这个 KEIL 的窗口分成四大块。以菜单栏为首的最上边的一横条是基本的操作区，最下边的一横条是结果显示的区域，还剩下中间的一大块，左边一小部分是工程相关的一些东西，右边大面积的是程序的编辑部分。我们所见过的大多数电子业内的软件都是这种布局，比如PROTEL 99之类的。我认为熟悉这些软件最好的方法就是瞎玩，先别看什么专业的教程，一开始就看教程的话，早晚你会没兴趣的。你就瞎玩吧，想怎么玩就

图4

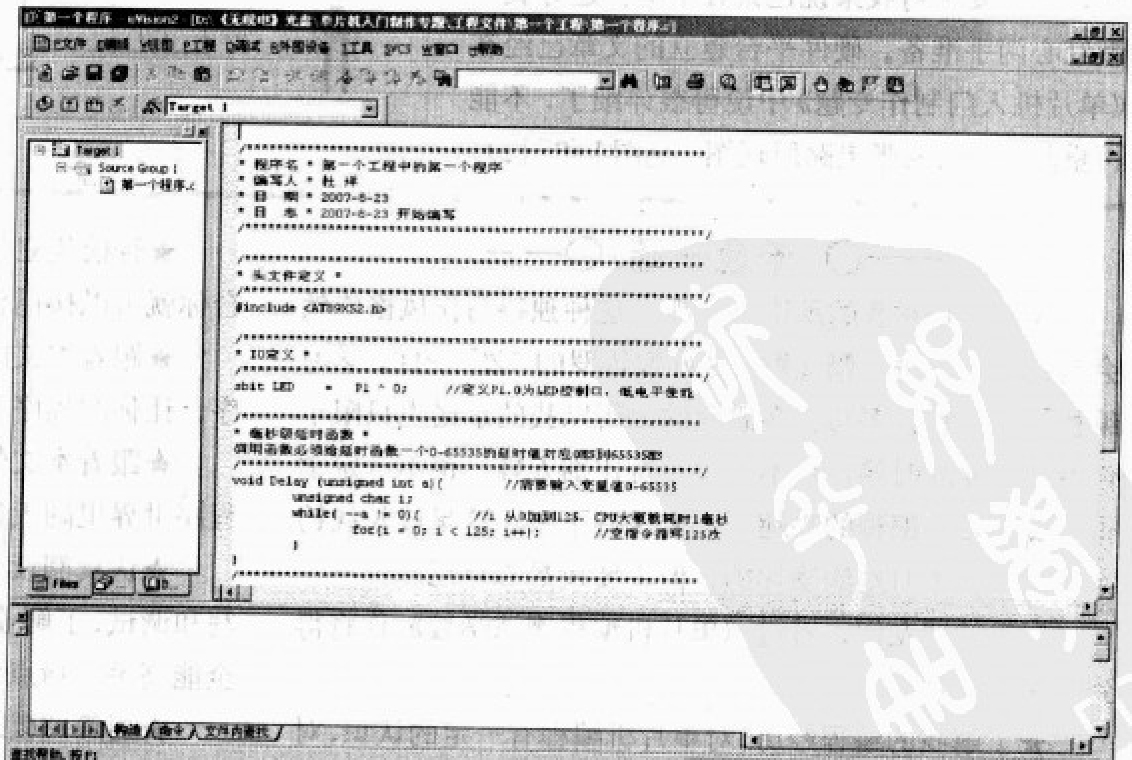


图5

怎么玩，反正不会出人命，怕什么。看那些图标里哪个好看就点一点，看会有什么变化，当实在整不明白了再看一下教程里相关的部分。这种死猪不怕开水烫的方法可以激发你的兴趣又让你学得更快，等你爽够了我们再有板有眼地继续下去。

了解一个软件可以瞎玩一通不伤大雅，而要是想熟悉单片机开发流程的话不继续看下去是不行的。现在我们说的是打开一个工程，目的是修改程序然后导出 HEX 文件。这就显得并不复杂，前期的工作我已经在新建工程时做好了，只要修改和编译即可，关于新建工程的文章就在下面一段里，这种倒述的手法有点像国产大片，慢慢看吧，希望你会喜欢。文章是非线性媒体，有时我并不觉得这有什么好处，想卖一个关子都很难。

点击KEIL窗口顶部菜单栏中的“P工程→B构建目标”或是直接按键盘上的F7键，KEIL就开始编译工程里的程序了，当然程序我已经事先写好了，如何编程程序的部分我单独放到了下一章来说，让你看得更过瘾，让一口吃一个胖子不是梦。一般我都是喜欢使用“R重新构建所有目标”，这是多个程序文件都需要重新编译的时候用的，如果只是一个程序的编译就无所谓了。编译之后，KEIL将工程中的HEX文件重新生成，如果我们对语句或数值进行了修改，就一定还要再点击“构建目标”才行，这相当于电脑上常说的刷新。

生成了 HEX 文件之后，KEIL 就可以告老还乡了，换年青小将 ISPlay 软件上场。它是将 HEX 文件通过 AT89S 系列单片机的 ISP 功能下载到单片机里的软件。它绿色环保、体积小巧，是单片机开发必备佳品，关于它的使用方法我已经在《单片机入门制作专题》中“深刻”介绍了，而且操作并不复杂。打开现有的工程来编译是一些暂时不会编程的朋友做实验的最好方法，也许你根本不想理会程序的结构，只是想改一下接口定义和一些参数。这样也很好，也是一种新玩法，但人们都说：饱食思淫欲，玩久了之后就会想玩点更深层次的东西，下面的文字渐行渐深。

从头开始

上文我们讲过了修改程序和编译的方法，下面偷偷告诉你我是怎么新建一个工程的，因为你肯定也希望弄一个完全自己制作的程序在老师和同学面前炫耀一下，这是你的阶段性进步，我精神上支持你。

虽然我是男生，可是有时候我也当婆婆、当妈妈。我会非常乐观地讲解工程的新建方法，这就意味着我只会以诸事顺利的样子一口气讲完。希望你可以跟我一起完成，如果今天你是出门踩便便、喝凉水塞牙的运气，可能会在操作上出现意想不到的“惊喜”。要知道万事开头难是有科学道理的，无论什么事情在第一次时出现状况都是正常的，这不等于失败，也不是阻碍，反而你遇到的意外越多，你的经验就越丰富。如果跟着我操作时突然出错了，请哈哈大笑！

先不要问我们在做什么，做完了再去想吧。安装KEIL软件，在各大专业类网站都有下载链接，安装过程就不多说了，疯狂地点击“下一步”就行了。安装后找到图6所示的图标，这是Keil μVision2软件的快捷方式，打开后的窗口如图7所示。

这个窗口看上去不太友好，不过我们以后要常和它打交道了。在窗口最上方的菜单栏里点击“P工程→N新建工程…”，这时弹出一个新建工程窗口，先在你的硬盘里的任意位置建立一个文件夹，名为“ABC”，如果你是第一次用KEIL，就要分毫不差地跟我做，将文件夹建在D盘根目录下。然后进入文件夹，在文件名文本框中输入一个工程名，这里就叫ABC吧，最后点击保存，如图8所示。

随后又弹出一个对话框如图9所示，这次是选择单片机型号的过程，KEIL要知道你想编程什么型号的单片机程序。在左边框中选择“Atmel”树下面的“89C51”。如果你是用AT89S52或其他一些相近的单片机来实验的话，最好选择对应的型号，如果找

图6

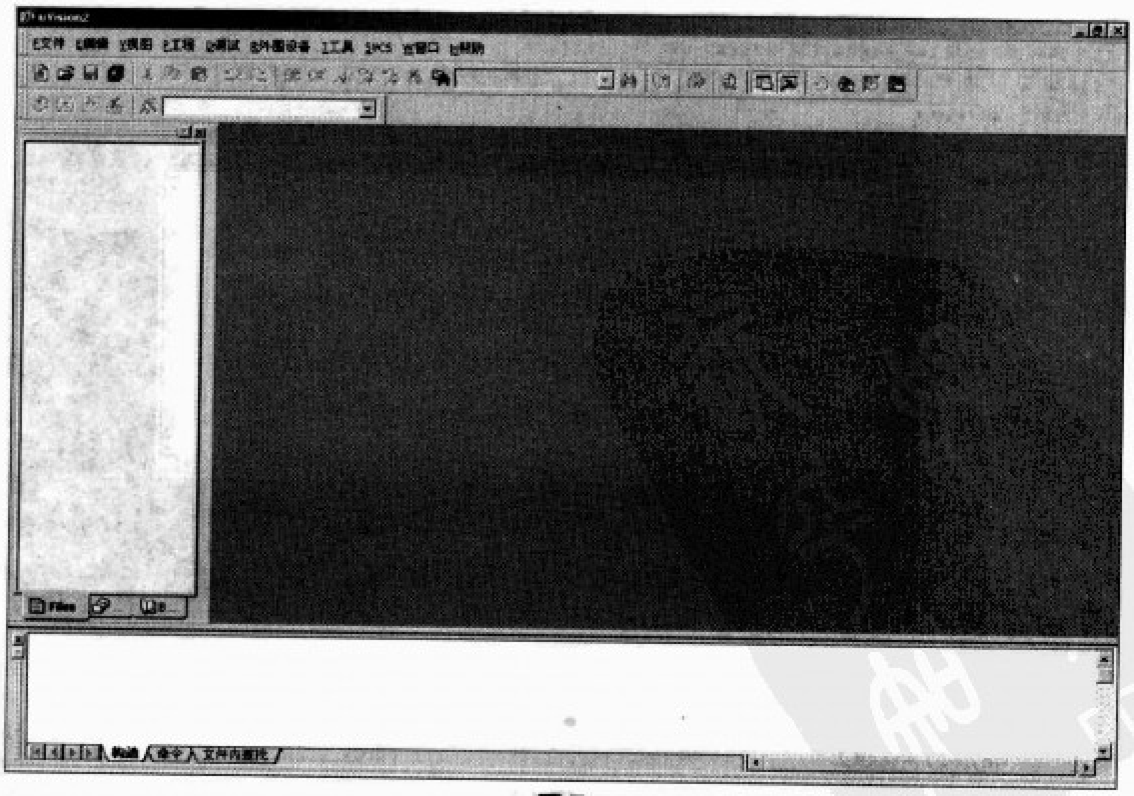


图7

不到就选择“89C51”吧，这个东东放之四海而皆准。最后点击“确定”。

看看，确定之后好像一切又恢复了平静，KEIL的窗口还是老样子。其实细心的朋友会发现窗口左边的“工程工作区”里多了一个名叫“Target 1”树型文件夹，见图10左边，我们刚才建立的工程就是这个了。暂时先不管它，我们点击窗口顶端菜单中的“F 文件→新建…”，随后编辑区出现了一个名叫“Text1”的文本窗口，如图10右边所示，这个就是我们将要写程序的地方了，不过文章思路提醒我现在

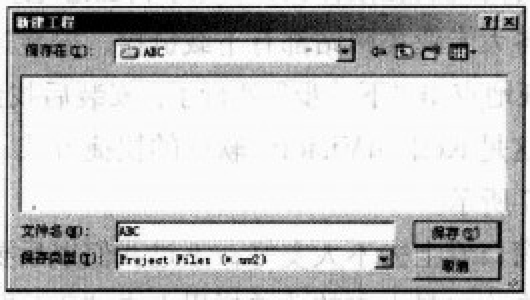


图8

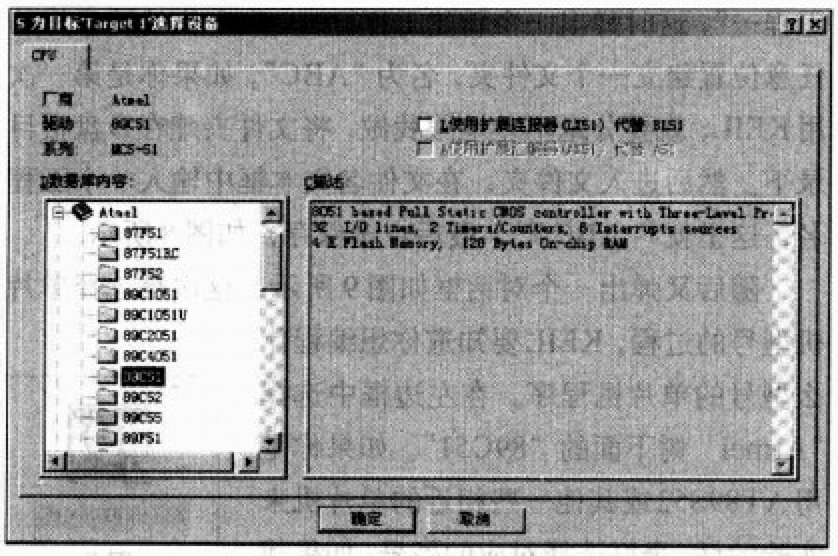


图9

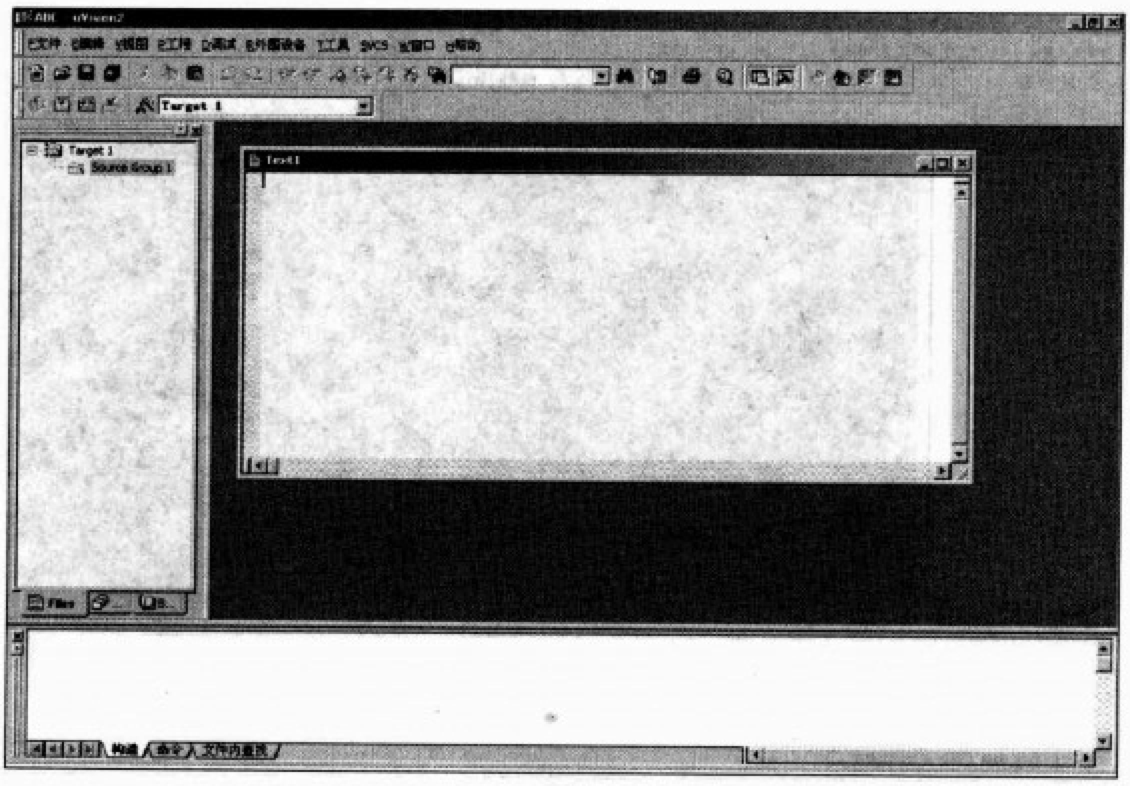


图10

是讲流程而不写程序。那就先空着吧，没关系，下面点击“F 文件→S保存”，又会弹出一个保存窗口，将这个文本文件保存在D:/ABC/文件夹下面，在文件名文本框中输入文件名为“ABC.c”，注意一定要输入包括扩展名的文件全名才行。最后点击“保存”。到此为止，我们新建了一个用来写程序的文本文件，虽然我们一句程序也没有写，但示意的目的已经达到。下面要将这个文本文件放进工程项目里，这不只是将这个文件放到ABC文件夹下面这么简单。

点击KEIL窗口左边的“Target 1”树型文件夹前面的加号会展出一个名叫“Source Group 1”的文件夹，鼠标放在这个文件夹上点击右键，在右键菜单中选择“增中文件到组‘Source Group 1’”，如图11所示。

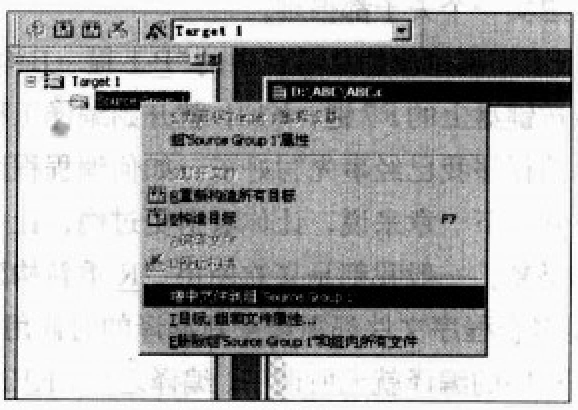


图11

我是用的一款汉化版的KEIL软件来讲解，虽然我很用心注意每一个细节，可是好像软件的汉化者并没有注意到这句话并不通顺，我想应该是“增加文件”而不是“增中文件”。借此提醒大家一句，做技术的人一定不要迷信所谓的权威，组织大、影响力大也不一定是对的、好的。

好了，“增加”所弹出的“打开”窗口里选择“ABC.c”文件，然后点击“Add”按钮增加文件。值得注意的是，这时的增加窗口不会自动关闭，这不是KEIL软件这样的权威在开发时的失误，而还是因为有一些工程会需要同时打开N多个文件，而不关闭窗口让用户增加到满意为止这是一种很好的方法。这里我们增加了“ABC.c”就可以点击“关闭”了。这时工程工作区里的树型文件夹里多了我们刚加入的文件，看起来一切顺利，至少我是这样。

还有最后一步，就是设置工程让它在编译时生成HEX文件。HEX文件是用于下载到单片机上的最终的代码文件，这个我们已经在前面文中聊过了。新建的工程没有默认生成HEX文

五花八门，想变就变

实际动手改写程序

文/杜 洋

从一开始我就劝大家用C语言写程序，本篇文章也主要是在讲C语言编程。人们常说：杜洋卖瓜，自卖自夸。可是C语言并不是我发明的，我顶多算是小贩，我只是希望大家可以更高效地学习单片机。话不服人，现在我就证明给你看，让你心服、口服、全家福。

货比两家

请各位先看一下[程序1]，不管你是否相信，这都是一个完整的、可以直接应用的汇编程序。程序可以实现让接在P1.0接口的发光二极管闪烁，闪烁过程是亮1秒钟，灭1秒钟。现在假想你就是一块单片机，看看你怎么按顺序执行这些程序吧，当你看不懂时请回到这里，我会有所解释。现在开始了，(1)是一种伪指令，意思是定义单片机上的P1.0接口用“LED”表示，这样我们可以很方便地修改接口，当然你也可以直接把P1.0写在程序里，如果再次修改时你不怕麻烦的话。(2)和(4)也是一种伪指令，这是指定程序写在单片机内容FLASH的什么位置，想详细了解什么是伪指令的话请自己

[程序1]

```
LED EQU P1.0             ;你的P1.0引脚上接了一个发光二极管   (1)
ORG 00H                  ;                                    (2)
LJMP START               ;跳到START标号处开始运行             (3)
ORG 30H                  ;                                    (4)
START:                   ;程序标号                            (5)
      CLR LED            ;点亮发光二极管                      (6)
      LCALL DELAY        ;亮1秒钟（延时1秒钟）                (7)
      SETB LED           ;关掉发光二极管                      (8)
      LCALL DELAY        ;关1秒钟                             (9)
      LJMP START         ;跳到START标号处执行                 (10)
DELAY: MOV R5,#8         ;延时子程序，延时1秒钟               (11)
D0: MOV R7,#250          ;
D1: MOV R6,#250          ;
D2: DJNZ R6,D2           ;
        DJNZ R7,D1       ;
        DJNZ R5,D0       ;
RET                      ;子程序结束                          (12)
END                      ;全部程序到此结束                    (13)
```

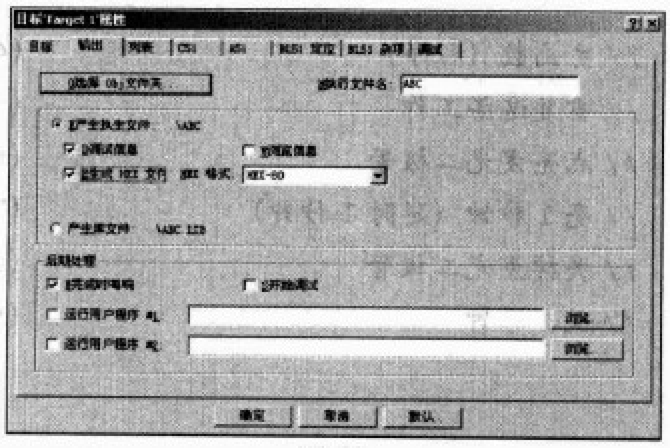


图12

件而需要手动设置，不可否认软件开发人员没有为广大单片机初学者着想。点击“P工程→目标‘Target1’属性”，弹出如图12所示的窗口。天呀，从开始到现在弹出多少窗口了，你不烦我都烦了，幸好这是最后一个了。在弹出的窗口中选择“输出”选项卡，在“E生成HEX文件”项目前打上对钩，最后点击“确定”。好了，所有的内容讲完，收工喽！下面怎么操作你应该知道了吧，如果你是按顺序阅读本文而且记性不是很差的话。众里寻她千百度，蓦然回首那人却在“打开工程”处。

去找答案，这里不用管它，当它们不存在是不会影响程序思路的。(3) 的意思是让程序跳到START标号处运行，你是单片机，你要找到START在什么地方。没错，就是 (5) 了。“标号”不是程序，它就像书的页码一样不算作文章的内容却必不可少，让你翻到哪页你就翻到哪页继续运行程序。下一句是 (6)，指令的含意是将LED（也就是P1.0接口）变成低电平，回头看一下实验板的电路吧，P1.0接口变成低电平后发光二极管会点亮还是熄灭呢？回答熄灭的朋友请回家补习一下电路基础课。下一句是 (7)，意思是调用标号是“DELAY”的子程序。子程序的概念在今后是会经常用到的，我们在编程的时候一定会发现有一些重复内容，比如延时1秒钟在我们的闪烁程序中会用到两次，当然你也可以写两个完全一样的程序内容按顺序执行，不过当需要重复使用N次延时程序且N大于100时看你傻不傻眼。子程序就是将重复使用的程序内容单独拿出来，当程序需要用到重复的内容时只要用“LCALL”指令后加上子程序的标号就可以了，可以参考 (7) 和 (9)。(8) 的意思是将LED变成高电平，发光二极管熄灭，和 (6) 是相反的，这样就可以达到闪烁效果了。(10) 的含意是……还用我说吗？我的文章里也有子程序结构，哈哈。现在再回过头来以单片机的眼光看一遍从 (5) 到 (10) 的程序，是不是豁然开朗了？你兴奋的眼光开始闪烁了。是呀，(5) 到 (10) 的程序形成了一个循环体，我们把它叫做线程，每一个单片机程序其实都是线程，只是现在我们写的是单线程，以后你还会接触到多线程，如果那时你还有兴趣继续学习的话。(11) 和 (12) 之间的一大堆程序就是传说中的延时子程序了，延时的时间是1秒钟，如果你有空就将延时子程序中的“#8”改成“#4”并编译、下载到单片机上运行，看看有什么变化。(13) 也是伪指令，意思是说程序部分到此结束了，虽然你可以在END下面写一首抒情诗，但对于程序来讲没有任何意义。

在介绍[程序1]的时候我可费了不少心思，毕竟二年前我就已经和汇编说88了，有些地方还要回头翻笔记本才知道。下面要介绍[程序2]了，全能C语言，一天写8遍，轻松加愉快。搞笑的是当我已经写了一半介绍文字时突然想起来，好像在《继往开来，后来居上》中的[程序2]已经介绍过了，于是删除了这一段，这几天事情太多，稿子都写糊涂了，呵呵。看过了汇编的介绍，再加上你的聪明才智，你已经悟到程序的基本原理了吧？用这种眼光再看C语言程序就简单得多了。(4) 是main函数，C语言规定所有的程序都是从这里开始的，接口定义和子函数都是放在了main函数前面，其实放哪都可以，只是我习惯放在前面，因为前面不需要对子函数做声明，声明是什么呢，先假装不知道。现在只要知道汇编语言所谓的“程序”和C语言里讲的“函数”是一个意思就行了。

[程序1]、[程序2]，汇编语言、C语言，当一切都展现在眼前时，我们就可以不加个人情绪地对比、分析它们。下面我不说好坏，只是将特征介绍给你听。汇编语言可以设置程序的写入单片机的位置，C语言不能；C语言在程序编译后的文件要比汇编大，汇编编译后的文件大小容易掌控，[程序2]的C语言程序只要小小改动就可以用在其他类型的单片机上面，[程序1]的汇编程序只能用在51系列单片机上；汇编语言可以直接操作单片机全部硬件，C语言不能完全操作。我喜欢汇编语言，我更爱C语言。

可能有一些朋友会说我讲得笼统，没讲伪指令和单片机指令集之类的，会不会误导初学者呀？是呀，想系统地学习单片机编程你可以随便在书店里单片机区的书架上抽一本书看到，论学理我的文章是打不过图书的，《无线电》

[程序2]

```
#include <AT89X52.h>                   // 你是AT89S52 单片机            (1)
sbit LED = P1^0;                       // 你的P1.0引脚上接了一个发光二极管 (2)
void Delay(unsigned int a){// 延时程序(ms)                              (3)
     unsigned char i;
     while( --a != 0){
          for(i = 0; i < 125; i++);
     }
}
void main(void) {                      // 主函数 (程序)                  (4)
     while (1) {                       // 重复这些工作                    (5)
          LED = 0;                     // 点亮发光二极管                  (6)
          Delay(1000);                 // 亮1秒钟 (延时1秒钟)             (7)
          LED = 1;                     // 关掉发光二极管                  (8)
          Delay(1000);                 // 关1秒钟                         (9)
     }
}
```

一共才给了我这点版面，我只是用最通俗的方式带着爱好者对编程产生兴趣并入门。至于有没有误导，我想读者的眼睛是闪闪发光的。

串口小秘书

当我们调试一个单片机程序时，总是希望可以看到程序运行的情况，这包括I/O口的状态和内部程序关键数值的变化情况。如果在黑黑的单片机芯片块上方开一个槽，装上一片16比9的真彩液晶屏，将单片机运行的状态和参数显示出来，那么作为使用者的我们一定非常愿意，可是买这样一块单片机非让你倾家荡产不可。单片机的设计者们早已考虑到这个问题了，让编程人员可以轻松地与单片机交流的同时又不增加成本的最好方案就是串口。大家应该是熟悉电脑串口的，学名叫RS232接口，现在越来越多的家用电脑去掉了这个接口而改用性能更好的USB接口。好了，麻烦来了，我们需要买一个USB转RS232接口的转换器才可以拥有RS232串口，这是必须的工作，要知道这对于提高单片机程序的调试效率是多么重要。

以往的诸多单片机学习教材好像都不约而同地把单片机自带的串口功能当成了一个串口通信小实验来学习，实验做完了，大家就忘记串口而将时间花在更有吸引力的液晶显示之类的实验中去，至少我见过的教材都是如此。目前爱好者们调试程序大多是采用功能设备的反应来诊断程序错误的，就像中医常用的望、闻、问、切四法。比如要让一个单片机的I/O口变成低电平，我们就会在这个I/O口上接入一个LED电路，在程序中设置这个I/O口的电平为低，当在程序运行后LED点亮了说明程序正确，否则就需要重新检查一下程序，同时还要看电路是否无误。依我看来，这是最常见的方法但不是最好的，使用串口功能可以更爽地调试程序。同样将一个I/O口变成低电平只需要在程序中调试这个I/O口的电平为低，然后再读出这个I/O口的状态送到串口中，串口的另一端和电脑连接，I/O口的状态将会显示在一个叫“超级终端”的软件上。就这样，有了串口就不需要实际的外围显示电路，而且再复杂的数据也可以轻松加愉快，实为单片机程序调试小秘书，工作学习必备佳品。“这么好的东西怎么用呢？”这位大哥问得好，下面我们就来瞅瞅这家伙咋用。

使用这么好的串口工具只需三步：设置好电脑终端软件、连接好硬件电路、在程序中加入串口程序。

第一步，设置电脑终端软件。第一次听到“超级终端”这个词是我刚参加工作不久，当时是为了看一块开发板系统的启动信息，同事怔怔地看着我，我却以为这是一款独立的软件工具，还正要到网上搜索。同事过来点击桌面左下角的“开始→所有程序→附件→通讯→超级终端”的时候我算是彻底傻眼了，学了这么久单片机还在四处下载串口助手之类的软件，没想到“天生”的串口助手就在我的眼皮底下。超级终端是一款终端间的通信软件，当然是包括电脑与电脑的通信，也包括电脑和其他设备的通信。这是我们天然的软件工具，除非你有更高的追求，否则超级终端是可以满足一般实验的。首次启动超级终端会出现一些关于调制解调器的拨号设置，这是为拨号网络通信时而设计的，这里我们点击取消即可。随后在弹出“新建连接”的窗口中我们需要给超级终端取一个名字并选择一个个性图标。在弹出的“连接到”窗口的“连接时使用（N）：”下拉框中选择你连接到单片机上对应的串口号，我这里选择的是“COM2”，点击“确定”后会弹出“COM2属性”窗口，在“端口设置”选项卡中设置“每秒位数”是4800（波特率），“数据位”是8，“奇偶校验”是无，“停止位”是1，“数据流控制”是无，然后点击“确定”。这时我们就已经完成了电脑软件的准备工作，刚才的设置项目可以在超级终端菜单栏的“文件→属性”中修改，在修改之前一定要点击菜单栏中的“呼叫→断开”，设置完成后再点击“呼叫→呼叫”，否则将不能设置或正常通信。

设置好了，怎么来测试一下呢？在没有完成后面的制作时也是可以测试的，正是为了让大家每一步都可以验收自己的阶段性成果，我在制作顺序上作了精心安排。现在用一根小导线将电脑串口端的第2和第3针短接，目的是为了让电脑串口发送的数据返回给自己，这样我们就可以在超级终端窗口中输入字符，而在窗口中看到我们输入的字符了，这相当于一个写字板软件的功能，如果可以看到我们输入的字符则证明我们的设置是成功的，如图1所示。不然就需要检查串口号是否正确，导线短接是不是第2和第3针，串口针的编号在接口上可以看到的。测试一旦成功我们就可以往下继续了，不过我建议你有空时像玩KEIL软件一样玩一玩超级终端，要知道今后的嵌入式系统学习中它

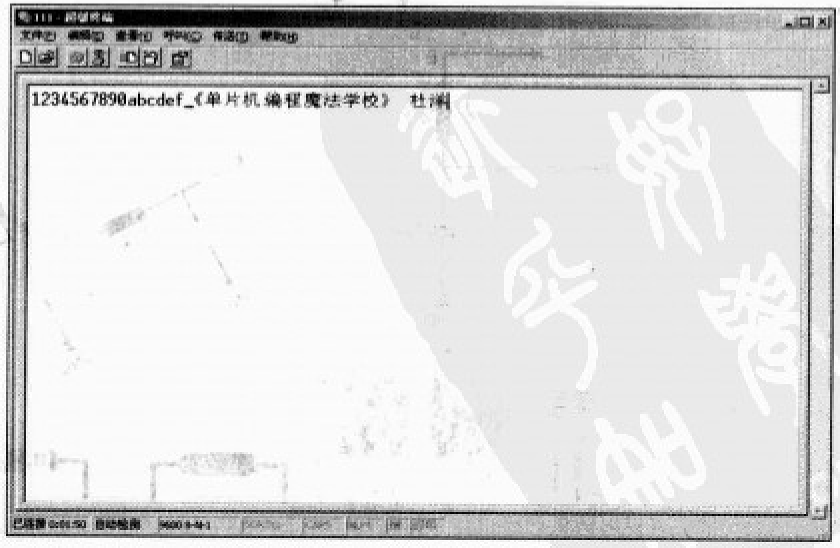
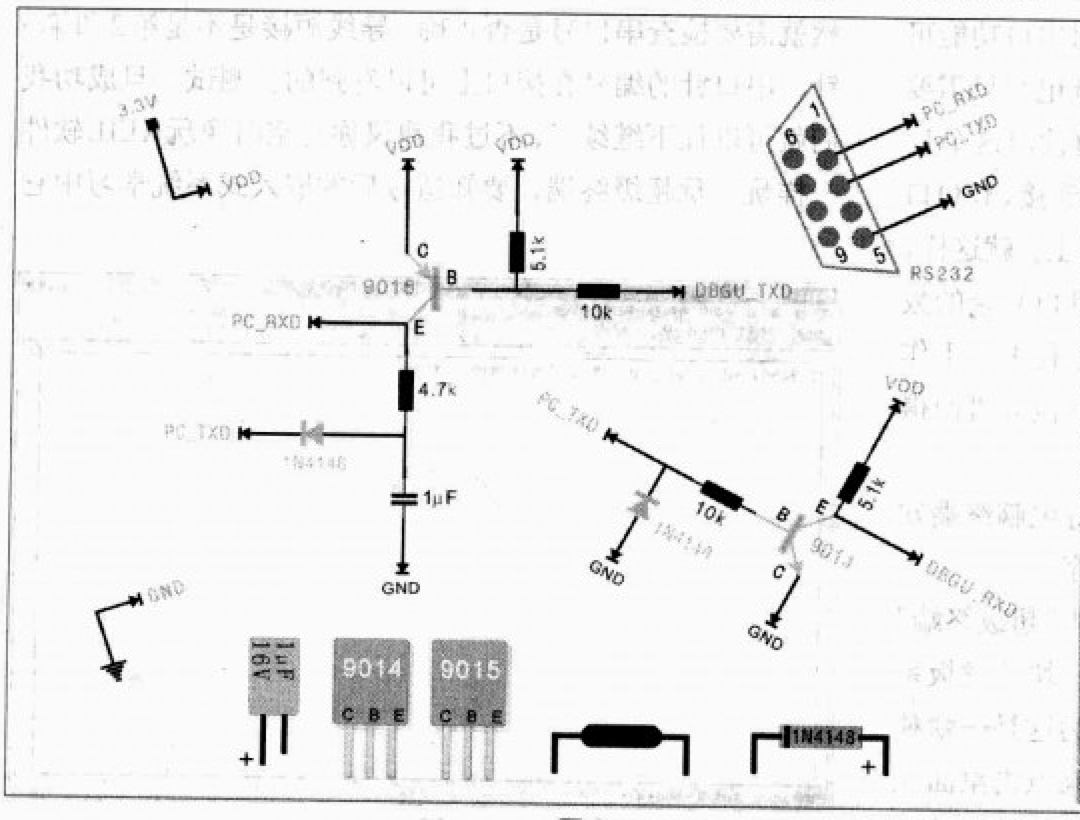


图1

饰演着重要角色。

第二步，连接硬件电路。电脑上没有9针串口的朋友可以到电脑配件市场上买到一种USB转RS232的转接器，我现在用的笔记本就是用的这种方式。使用还算方便，把USB转RS232的转接器和串口电平转换电路放在一个小盒子里，乍一看去还以为我是用USB接口与单片机通信呢，其实没那么牛。如果你的电脑上正好有一个串口接头就最好了，不过别以为找几条导线把串口中的线拉出来接到单片机的接口上就行了，如果真这么简单我也不用占用一节文章介绍串口了，不过说实话我还真不知道直接从串口拉线到单片机的接口会有什么现象，有兴趣的兄弟可以试一试，然后写信告诉我。通常我们都是需要一种电平转换电路的，单片机电路是TTL电平，串口是RS232电平。我们有几款电路可以实现电平转换，最常用的一种是专用的电平转换芯片（如MAX232）实现的转换电路，这种电路稳定性高但成本也高，一片MAX232芯片市场价在4元左右。还有一种光耦电平转换，这是我在国外的制作网站上看到的电路，它巧妙地运用了光耦元器件实现了电气隔离的电平转换，其电路所用元器件很少，也有保护电路的作用，只是光耦市场价也不便宜。最便宜的当属分立元件制作的电路了，只有电阻、二极管、三极管，购买容易、制作方便，虽然性能不如前两个电路，但对于我们一般的实验已经足够了。

采用MAX232芯片制作电平转换电路的例子在《无线电》和其他文章中太多了，我要给大家来点个性的。图2所示是采用分立元件制作的串口电平转换电路，我已经制作出来了，效果很理想。在制作的过程中，RXD（接收）和TXD（发送）端不要接反，电脑上的RXD要接到单片机上的TXD才对，余下的就看你的电路制作水平了，电路这么简单，出了问题自己解决吧，不过这里还是要讲一下阶段验收方法。和前面一样，还是用刚才那根导线在单片机的一端将RXD和TXD短接，给实验板和转换板电路接通电源，再在超级终端窗口中输入字符，成功时是会有返回显示的，如果没有回显的话，除了检查转换电路还要看看电脑端的TXD和RXD有没有接反。知道吗，我在写文章的时候总是会考虑许多制作时可能遇见的问题，我尽量多说一些，不过最重要的还是要你自身具有逻辑推理能力和经验，如果你没有它们那现在正是锻炼的好机会，最怕的就是不加思考地问人，要知道从长远角度上看这对任何人都没有好处，在网络技术如此发达的今天，我认为拿一个没有建设性的问题四处寻问是不明智的。



简易串口电平转换电路原理图

图2

第三步，在程序中加入串口程序。这是最后的环节了，把一个串口程序加入到我们要调试的程序之中，当程序运行时我们所需要的数据就在串口中得到了，但现在我们先来测试一下硬件连接吧。保持前两步的状态，并在本期《无线电》配刊光盘里找到HEX文件夹下的“串口测试程序.hex”文件，下载到单片机里，单片机电路是《单片机入门制作专题》中的实验板电路，有一个LED和一个按键，晶振频率是12MHz。我们再在超级终端里输入字符就会有对应的字符显示在窗口中，这好像与第二步的测试相同，如果RXD和TXD短路也会出现这种效果的。所以你还要多实验一步，就是将超级终端的每秒位数（波特率）设置到9600之后再试一下，如果输入字符没有显示，则说明硬件没有短路，串口测试成功，将波特率再调回到4800，我们取得了又一次阶段性成功。[程序 3]是串口测试程序的内容，看得懂或看不懂都是正常的，我们现在的目的是应用，深入研究就留给你茶余饭后慢慢把玩吧。

[程序4]是加入了串口小秘书的闪烁LED灯的程序，这个闪烁LED的程序实在是没有什么有价值的数据，但如果我举其他例子，又会显得太突然，因此最后我就设计了一个数据出来，即计算程序循环运行的次数，当程序循环运行一次则变量c加1，当c加到9时再回到0继续加1。最终程序的数据在串口上显示出来，这是我们的目的所在。日后会有复杂的程序调试，借此方法是可以抛砖引玉的。看

看我们在原来的闪烁LED基础上加入了什么内容才会让数据在串口中显示，(1)是我们见过的串口初始化程序，这是必不可少的。(3)是在主程序中调用初始化程序，在主程序一开始加入这段后串口就开始工作了。(4)是发送数据到串口上，将我们需要的数据送到SBUF里面就相当于送给了串口发送到PC机了，也是我们实现目的的关键一步。(2)、(5)、(6)都是我们无中生有的重要数据相关的部分，就不多费口舌。值得注意的是超级终端窗口所显示的是ASCII码，而变量c的值是十进制数据，如果直接送去串口只会显示一些奇怪字符，如果你是ASCII码高手当然能看出意思来，幸好我不是所以加了0x30的一个偏移量，这可以让c的值正好对应ASCII码中的数字区。我还写了一篇《有趣的超级终端玩法》的文章，虽然没有在杂志上发表但在网上是可以找到的，我在文章中介绍了超级终端更高级的功能，还有一些参考程序，如果你有兴趣不妨搜索去吧。当然串口的收发功能还可以在电脑的串口上输入数据给单片机，[程序3]可以给你启示。总之在串口小秘书这里我介绍的是方法，很有用吧？至少当你了解之后再学习ARM9中的调试串口概念时就不会陌生。上面所有涉及的程序内容在本期《无线电》配刊光盘里都可以找到，而且是我精心制作，全心全意为读者服务。

改革创新

创新和创意是外来词，中国古代没人会说：你这个东东好有创意哦！现代社会人们被创新这条疯狗追得喘不上气来，而真正优秀的创新却没有几个。大多数人认为的创新是指前所未有、与众不同的，我认为这应该叫狭义的创新，而我认为的广义创新除了狭义创新之外还包括借鉴的创新和优化的创新。也就是说使用别人的程序为自己所用是创新，把现有的程序变得更好也是创新。就好像我的这篇文章的写作风格在电子技术领域算是与众不同了，大家都看出这是创新了，你看了我的文章之后把程序写得更细致更稳定却不一定被认为是创新。这只是因为前者更容易被注意，而后者不被大家认同。

好，如果你想制作一台电子钟，看看你有哪些方法。最简单的一种，买一个现成的电子钟在正面贴上自己的名字，然后说是自己制作的，如果你不认为这很可耻的话，应该是最简单的方法。再有就是找到别人制作电子钟的资料，依原理仿制一个，再修改一下电路和程序让它更具个性。还有就是不参考任何资料，凭着自己高超的创造力完成制作。最前一种方法没什么可讲，只要说谎时脸色不红不白就够了。最后一种方法要求不参考任何资料，当然也包括本文了，所以我讲什么都没有意义。剩下借鉴前人的资料完成制作，这个我比较在行，这里不吐不快。

[程序3]

```
#include <reg52.h>          //包函8051内部资源的定义(与AT89X52.h功能基本相同)
void Init_COM(void){
    TMOD = 0x20;            //定时器工作方式设置，定时器1方式2
    SCON = 0x50;            //串口工作方式1，允许串口接收
    TH1 = 0xF3;             //定时器初值高8位设置
    TL1 = 0xF3;             //定时器初值低8位设置
    PCON = 0x80;            //波特率倍频
    TR1 = 1;                //定时器启动
}
void main(){
  unsigned char dat;
  Init_COM();               //串口初始化
  while(1){
     if (RI == 1){          //接收中断标志位为1时
        dat = SBUF;         //接收数据 SBUF 为单片机的接收发送缓冲寄存器
        RI = 0;             //令接收中断标志位为0（软件清零）
        SBUF = dat;         //将接收的数据发送回PC
     }
  }
}
```

再回头看看[程序2]，要知道我们有多少发挥的空间不一定靠了解每一条程序的用意，只要抓住几处关键点就可以任由想象。这是一个LED闪烁的程序，我们的局限就在LED的闪烁方式的创新，因为你不可能把它修改成一台电子琴的程序，不仅硬件不允许，而且软件也会和现在的完全不同，如果想制

[程序4]

```
#include <AT89X52.h>                // 你是AT89S52单片机
sbit LED = P1^0;                    // 你的P1.0引脚上接了一个发光二极管
void Init_COM(void){                // 串口初始化程序，波特率4800          (1)
    TMOD = 0x20;                    // 定时器工作方式设置，定时器1方式2
    SCON = 0x50;                    // 串口工作方式1，允许串口接收
    TH1 = 0xF3;                     // 定时器初值高8位设置
    TL1 = 0xF3;                     // 定时器初值低8位设置
    PCON = 0x80;                    // 波特率倍频
    TR1 = 1;                        // 定时器启动
}
void Delay(unsigned int a){         // 延时程序(ms)
    unsigned char i;
    while( --a != 0){
        for(i = 0; i < 125; i++);
    }
}
void main(void) {                   // 主函数（程序）
    unsigned char c=0;              // 设置一个变量C，初值为0，假设其为重要数据    (2)
    Init_COM();                     // 串口初始化                          (3)
    while (1) {                     // 重复这些工作
        LED = 0;                    // 点亮发光二极管
        Delay(1000);                // 亮1秒钟（延时1秒钟）
        LED = 1;                    // 关掉发光二极管
        Delay(1000);                // 关1秒钟
        SBUF = c + 0x30;            // 将调试数据发送回PC，0x30是数字显示的偏移量   (4)
        c++;                        // 变量c的值加1                         (5)
        if(c > 9){                  // 如果c的值大于9则回到0重新计数          (6)
            c = 0;                  // 让c等于0
        }
    }
}
```

作电子琴就要先找到与电子琴类似的硬件和程序，不然就和相声《做大褂》一样，一丈三的蓝布本想做大褂却补了袜子。(2) 是LED在单片机上的接口定义，P1^0表示程序将控制P1.0接口上的LED，如果我们想控制其他接口上的LED可以改成P1^1或者其他对应的接口代号。(6) ～ (9) 是程序运行的主要部分，单片机的循环任务就在while(1){ }的大括号中间，我们创新的爆破点就在于此。Delay( )括号里的数值可以在0到65535之间改动，表示了延时的时间。LED = 0和LED = 1是将控制接口输出低电平和高电平的过程。了解这些之后你想到了什么，有什么新想法、新创意？要知道这年头搞技术的拼的就是精致和创意，一个LED你能玩出花来也算你是高手了，因为在没有任何参考的前提下我设计出了渐变亮度的闪烁LED灯程序，填补了我两年前自以为是高手却拿不出原创作品的空白。我相信你比我更有创意，但要拿作品说话，非常希望和诸位多交流。

[程序5]就是我号称渐明渐暗闪烁LED灯的程序，有人以为我用了专用的硬件电路，还有说我是采用的模拟信号，

[程序5]

```
#include <AT89X52.h>
sbit LED = P1 ^ 0;                          //你的P1.0引脚上接了一个发光二极管
void delay (unsigned int d){                // 延时功能函数--由d决定延时长度
    unsigned char i;
     while( --d != 0){
          for(i = 0; i < 2; i++);
     }
}
void main (void){                           // 彩灯主函数，实现彩灯的显示
    unsigned char a, b;                     // 使用两个变量，a控制延时长度，b控制循环周期
    while (1){
        LED = 1;
         a = 0x00;
         for (b=250; b>0; b--){             // 定义半周期循环时间（次数）
          a++;
            delay (a);                      // 延时长度随a而改变
            LED = 0;
            a = ~a;                         // a值取反，决定灯灭时的占空比
            delay (a);
              LED = 1;
            a = ~a;                         // a值取反，使a回到原值继续循环
          }
        LED = 0;                            //灯亮，使灯达到最亮
         a = 0x00;
         for (b=250; b>0; b--){
          a++;
            delay (a);
            LED = 0xff;
            a = ~a;
            delay (a);
         LED = 0;
            a = ~a;
         }
       LED = 1;
    }
}
```

虽然是诽谤但我也很高兴。其实原理并不难，利用了占空比的概念，在[程序2]的闪烁LED的基础上让延时的时间可以逐渐变化，因为变化很快所以人眼的感觉就成了亮度的变化。现在这个程序在爱好者中已经不稀奇，不过思路依然需要了解。我不做更多解释，现在是考核你分析能力的时候，想想你独到的创意，再用心灵手巧实现它，玩单片机编程是多么快乐的事情呀，学习过程是很让人兴奋的，我经历过你现在的心情，所以我由衷地为你高兴，祝你好运我的朋友！

翻天覆地，呼风唤雨

实际动手创建第一个程序

文/杜 洋

转过篇来，不知不觉中你就已经变成了单片机编程准高手，前提是在本文的基础上。下面的任务就是让你努力摆脱我和任何人对你的约束。但你要知道这是过程并不是目的，每个人都应该有独自编程经验，这样对解决问题和树立自己的编程风格是很有好处的，单独拿出一节文章来介绍也是有价值的，千万不要误解成每一个程序都应该由自己原创，也许在工业革命之前你可以这样做，可是现在则需要你站在巨人的肩膀上看得更高，踏着前人的脚步走得更远，应用现有优秀程序是不二选择。

踏上思程之路

编程很简单，我现在这样认为，虽然两年前我还认为我根本学不会C语言。还记得大学毕业后的一次应聘面试，事前我总是准备把我最优秀的地方秀给人家，绞尽脑汁总结出一句经典台词。面试官问："你都会一些什么编程语言。"我答："其实用什么语言编程并不重要，它只是一种工具而已，关键还是要看程序的思路和结构，就好像写一部小说是用英文还是中文并不重要，重要的是小说中精彩的故事情节。"那次面试虽然以失败告终，可我一直坚信这一观点。不论你选择什么编程语言都要先设计思路和结构，思路清晰反而没什么问题了，我们开始从空白建立程序思路是件相当过瘾的事情。下面就开始我们的"思程"：

事先要准备几张白纸、一支铅笔和平静的心情，要知道我们要制作什么，我们的目标是什么，把重要的内容记在纸上，这是日后整理计划书的好方法。在你感觉茫然而不知所措的时候我已经想好了一个方案。依我看我们制作一个具有亮度可调功能的台灯怎么样？名字就叫"调光台灯"。前面我们已经涉及过渐变亮度的闪烁LED程序了，制作应该简单多了，而且很实用呀！宁静的夜晚，在自己制作的可调亮度的台灯下细细品读《单片机编程魔法学校》简直就是爽呆了。东西是好，在制作的开始我们要先设计出方案才行，要知道我们不是先有程序再谈功能的，程序应该是制作的最后环节。先想想我们的制作需要几个部分：电源部分、灯泡部分、单片机控制部分、按键操作部分。再来想想我们所需要实现的功能，最好是把几条功能特征列出来：

1.按键控制开关灯。

2.按键控制台灯亮度。

3.台灯亮度无级调整。

4.不断电的情况下，开关台灯时的亮度可记忆。

上列功能只是最基本的功能，你可以再加一个蜂鸣器，让它具有提示音或是唱起音乐，还可以加遥控器、加闹钟或是更具天才想象力的功能，而现在我们只就最基本的功能先制作。基本的功能在白纸上列出之后，下一步我们再细分它们：

1.采用一个按键单独控制开关灯，按一下开灯，再按关灯。

2.采用"变亮"和"变暗"两个按键控制台灯的亮度，长按时亮度逐渐改变，放开时定格亮度。

3.采用256级实现虚拟无级亮度调整。

4.当前亮度数据在单片机的RAM中保存，在单片机没有被复位时保证开关灯时记忆当前亮度。

要知道凡是与人有关的设计一定要考虑人性化、简单化和通俗化。在细分功能时要注意这一点，要服从大众的逻辑，让操作简单方便。如果大家都认为文章是从左往右阅读的，而你非要从右往左写，那你就只能留给外星人看了，创新是为了更优秀，不应该以牺牲人性化为代价。细分功能确定了，我们就可以写一样东西，你会以为是写程序吧，其实应该是使用说明书，当然在细分功能时已经考虑到程序部分的编写，这种评估需要你有一定的编程经验，至少要知道这个功能是可以用单片机系统实现的。我们可以用一个LED假装灯泡，因为把LED转换成一只真正灯泡的电路并不复杂，将LED接到单片机的P1.0接口，这个电路我们已经有了经验。另外需要3个按键，一个电源开关，两个亮度调整，这个电路可以用微动开关接在单片机的3个I/O口上，微动开关另一端接地即可。采用我们正在学习的89S系列单片机和5V电源，这就不多说了。然

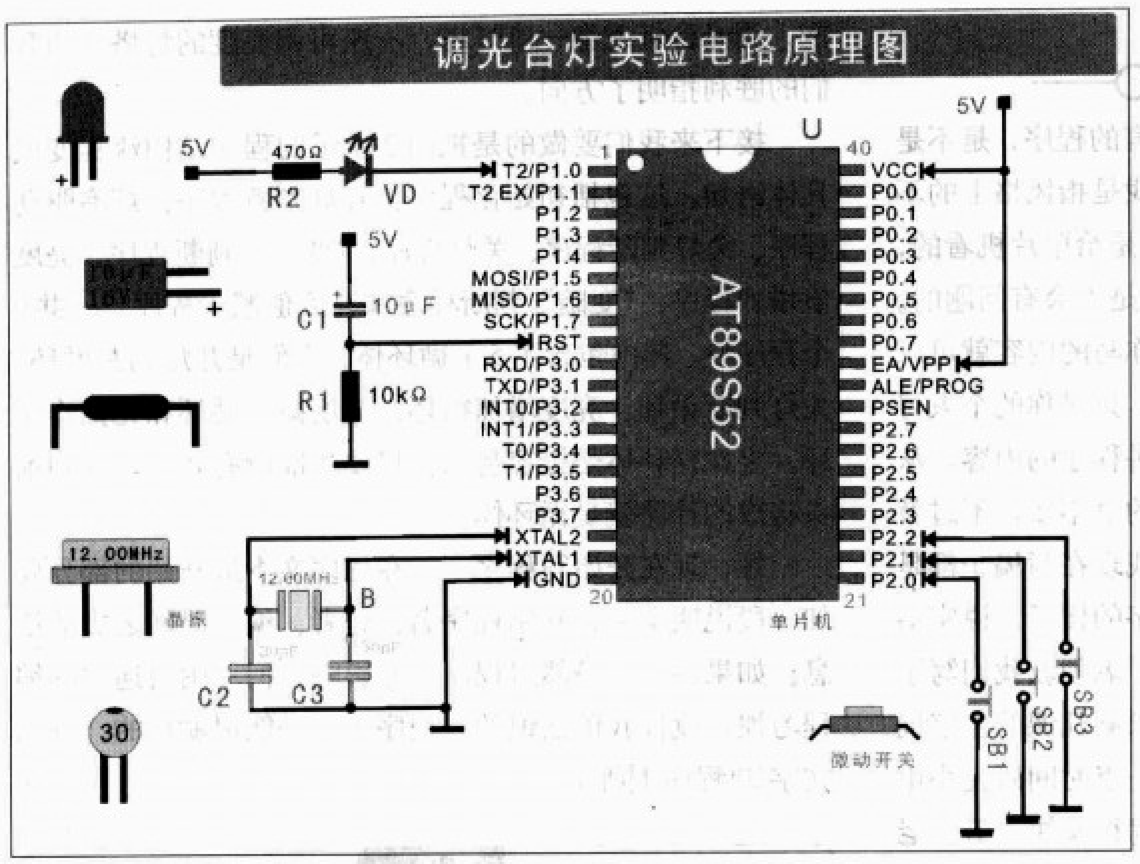


图 1

后就是画电路原理图，制作硬件电路，因为本文主要是介绍编程，电路的部分一带而过，图 1 是调光台灯的电路原理图，下面的程序就依此硬件编写。

现在小说《调光台灯》的精彩故事情节已经确定，只差我们用语言把它写出来。至于用什么语言就看个人爱好了，本文着力 C 语言，并将一直贯彻始终。真的开始写程序的时候就会涉及到另一个问题——结构流程。我们要用一个什么样的结构流程来实现精彩故事情节呢？通常情况下程序流程图可以有效地帮助我们，除了大的框架外也有一些细节问题同样需要思考，欲知这些内容敬请继续欣赏。

通达程序流程

我要介绍程序流程图了，我的腿开始发抖，脸色也变得苍白，看上去很紧张的样子。是呀，自我学习单片机到现在没有画过几个完整的程序流程图，现在逼上梁山又要介绍，所以有什么言语不周的请多多包涵。要知道不画程序流程图其实是一个很不好的习惯，我是需要自我检讨的，总是认为这没什么用处，最后还是深受其害，我写的程序就有结构混乱、出现过本应该避免的错误。一些计算机专业出身的朋友是不会有这些问题的，只是现在广大单片机爱好者之前都是搞电子技术的，程序方面的理论水平自然欠缺，因此所写的程序也仅处在基本可靠的境域。我希望单片机初学者可以学习一下计算机基础知识，这可以为你未来的编程之路打好坚实底柱。

图 2 所示是调光台灯的程序流程图，其实流程图就是将一个系统的程序分成多个部分，在编程时只要将各部分的程序块写好，再在主循环程序中将各程序块按顺序联系起来。所以说有了流程图之后程序的结构计划也就完成了。绘制程序结构框图也是要靠经验的，当程序写得多了自然就可以总结出流程图的各部分和排列的顺序，而最基本的还是跟着调光台灯的功能思路来写，前文的功能已经确定，程序流程就必须要实现这些功能。通常在接通电源时程序应该是怎样的，之后的什么条件会触发它改变状态，改变状态后的工作又是什么，之后又会有几种状态选择。依据这个思路往下想，在草稿纸上就会勾勒出靠近完整的图样，检查有多少个循环结构，各部分功能可不可以再细分。最后按照单片机的思路从头到尾把各种可能的状态都走一遍，看看还有什么失误或更好的方法。三五回合之后，一个正确、完整的程序流程图诞生了。也许你还没有真正开始写一行程序呢，可是你的编程工作已经完成了一半，而且是最关键的一半，你的程序是否优秀、简洁、实用，到现在已经分出高下。小说《调光台灯》精彩的故事大纲已经确定，余下工作就是用生动

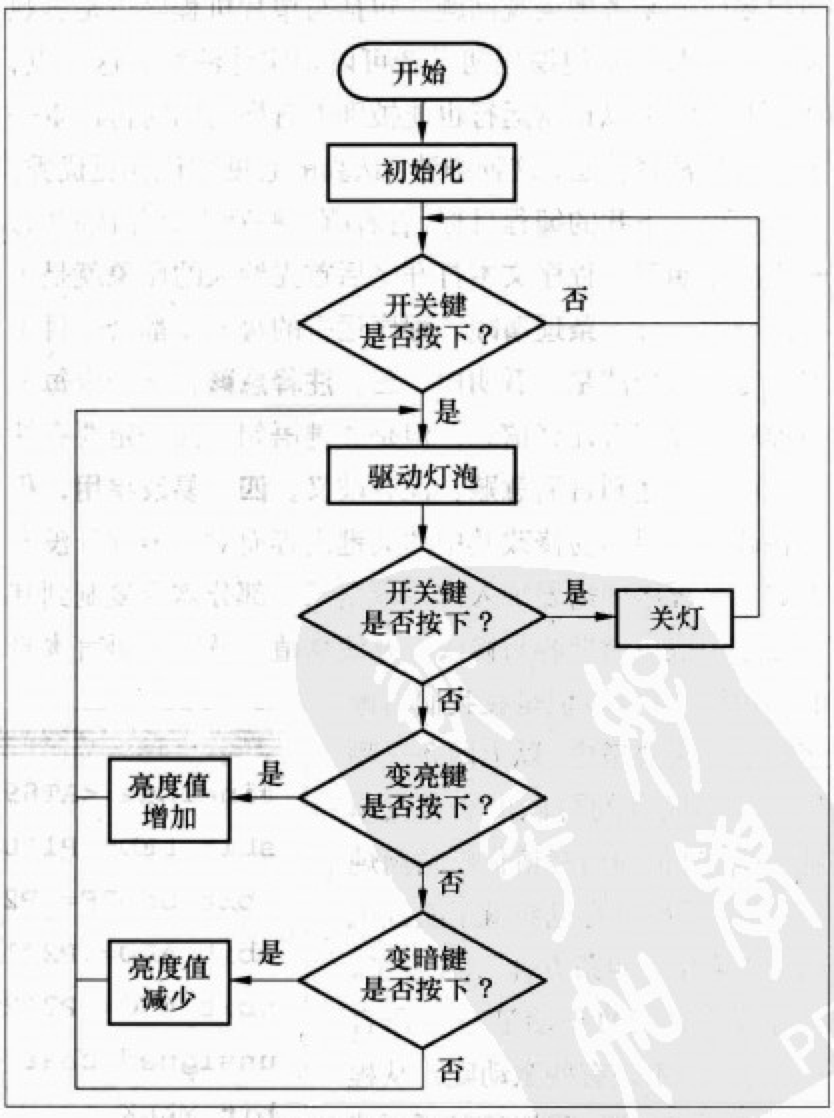


图 2 调光台灯程序流程图

的语言书写。

树立编程风格

也许之前你在别的文章中见过C语言的程序，是不是有一些地方和本文的程序不同呢？当然我是指风格上的不同。编程编译后的二进制文件（如HEX）是给单片机看的，只要程序的语法正确、结构正确，运行时是不会有问题的。就好像我们写信一样，只要让对方知道你写的内容就可以了，至于是宋体字还是楷体字并不重要，只是你的个人习惯。我看过的一些单片机教材上都是在讲程序的内容，从没见到有介绍编程写法的，可能是我看的书不多，不过就我看过的确实没有。我认为这是漏洞，我现在写稿子都是用电脑打字了，所以大家看不到我手写字的样子，说实话不能说难看，而是相当难看。小学时候，老师教我们写字时就没有注重写字的形体，那时只是要求某几课的生字词每个写两行。当时我是贪玩型的，想多一点时间研究小电池和小灯泡，于是急急忙忙地写，最后写得又快又丑。老师照样在作业本上打对勾，因为她和我们都认为只要写完就好，美丑无所谓。大学时给心怡的同学写信，虽然很下功夫可是还是得到人家“字如其人”的客观评价。所以这种观念在我的心中种下，留下难忘的童年阴影。现在的我下意识中对美观非常敏感，我要制作的单片机作品总是会用很多时间来考虑美观问题，包括写单片机程序也是美观优先的。我是希望编程初学者可以切实地注意到这一点，在你的程序可以正常运行也能被别人看懂的同时再注重一下格式和注释信息，这种细致、认真的态度会让你更优秀。

先说一下我的编程目标，看看哪一些观点是你认同的。**一，简洁明了**，程序文本打开之后首先给人的印象就是干净、利索。**二，条理清晰**，程序运行的每一步都会一目了然，很容易分清楚、看明白。**三，注释意赅**，不一定每一条程序后面都有注释信息，但是关键语句后面一定要有注释，而且要达到言简意赅、没有歧义。**四，易改易用**，程序在调试时很容易修改其中的关键内容而对其他部分没有影响，当程序中需要加入内容或是某一部分需要复制到其他程序中应用时要容易修改、方便移植，虽然C语言本身的移植性就很好，但是在我们写程序时依然需要考虑。以上四条有哪位仁兄不同意的可以出来和我单挑，挑不过你的话我请你吃猪肉炖粉条。如果都没意见我就用实践巩固一下我的“四条方针”。注意了，现在我们开始真正动笔写C语言程序了，是不是有些激动呢？从程序思路到流程图，我们早已不再迷茫，调光台灯就像一座灯塔，一座可调亮度的灯塔，为我们的胜利指明了方向。

接下来我们要做的是把图2所示的程序结构流程变成具体语句。这包括初始化程序、开灯判断程序、灯泡驱动程序、关灯判断程序、关灯程序、“变亮”判断程序、亮度值增加程序、“变暗”判断程序和亮度值减少程序，一共9个程序块。其中包含了5个循环体，它们是开灯判断循环、关灯判断循环、亮度增加循环、亮度减少循环和无操作循环。寻找循环体是挺容易的，只要找准所有状态，找到箭头构成的环路就是循环体。

好，现在开始写程序了，在程序文本最开始的部分要加一段说明文字，介绍程序名、作者、编程时间之类的信息。如果不写，虽然对程序没有影响，但不附合通常的编程习惯，就像我前面说的，程序不只是能用就行的。说明文字如[程序1]所示。

[程序1]

```
程 序 名：调光台灯
编 写 人：杜 洋
初写时间：2007年12月2日
程序功能：三个按键控制台灯开关、变亮和变暗功能
CPU 说明：AT89S52型单片机  12MHz晶体振荡器
修改日志：NO.1-2007年12月2日 实现基本功能
```

通常，说明文字下面接着就是定义信息，如[程序2]所示。我用空行将其分成三段，其中第一段是定义库文件，也就是所用的单片机型号的定义，C语言将寻找相应的库文件。你可以了解库文件对单片机接口和一些重要内容的定义，但暂时不需要了解太深。定义库文件的基本格式是“#include <库文件名>”，库文件要和你实际应用的单片机对应。第二段是接口定义部分，主要是对连接到单片机上的元器件做一个对应定位，这在前面闪烁LED程序中已经说了一些。其基本格式是“sbit 定义名称 = 接口标号;”。第三段是定义全局变量，其实就是定义了两个变量，

[程序2]

```
#include <AT89X52.h>           //库文件定义（定义单片机为8952系列）
sbit LED= P1^0;                //台灯控制端口（VD，P1.0）
sbit ONOFF= P2^0;              //开关键（SB1，P2.0）
sbit ADD= P2^1;                //变亮键（SB2，P2.1）
sbit DEC= P2^2;                //变暗键（SB3，P2.2）
unsigned char Brightness;      //亮度值，值域0~255（全局变量）
bit MARK;                      //状态标志位（目前是开灯还是关灯状态）
```

在下面的程序中用它们记录一些重要数据，所有的函数（程序）都可以使用这两个变量，因为它们是全局变量。“unsigned char 变量名称；”是定义变量的基本格式，其变量值可以是0到255之间，而“bit 变量名称；”是定义一个位变量，它的值只能是0或者1，有一些开关量用它来定义再好不过了。

注释信息是采用“//”开头的，在格式上为达到美观就应该将相同的结构对齐，使用键盘上的“Tab”键可以很快空出需要的距离，让注释在程序后面对齐排版。这是美观问题，多注意一下你的程序就会写得很漂亮。

[程序3]和[程序4]是两个延时程序，它们的延时方式和结构都是相同的，只是延时单位时间不同，[程序3]是用在按键去抖动时使用的，因为凡是微动开关的按键都会加一个20ms左右的延时，以防止按键按下时不稳定期间所带来的干扰。[程序4]是用在灯泡占空比调光上的，这要求延时单位比较小。为了给大家介绍一个概念，我特意改出一个不同，那就是int和char的区别。通俗地讲这是定义数据类型的不同，unsigned int的数据范围在0～65535之间，unsigned char的数据范围在0～255之间，如果你的延时需要很长时间就应该用unsigned int。上面的数据类型你也可以改一改，看有什么变化。这两个程序在程序流程图里并没有提到是因为它们只算是辅助程序部分，这里先讲到延时程序应该是不符合初学者的逻辑，这并不是无缘无故加进来的，讲下面的程序用到延时程序时你再回过头来看一看吧。

[程序3]

```
void Delay1ms(unsigned int a){          //延时程序(1ms)

    unsigned char i;
    while( -a != 0){
        for(i = 0; i < 125; i++);
    }
}
```

[程序4]

```
void delay (unsigned char d)    //延时功能函数－由d决定延时长度
{
    unsigned char i;
    while( -d != 0)
    {
        for(i = 0; i < 2; i++);
    }
}
```

一个函数体的基本格式是“类型 函数名（参数表）{ 函数内容 }”。以[程序3]为例，无返回值的、有参数表的，也就是说程序运行结束后没有需要输出的数据，而在程序运行之前需要有一些输入数据。无数据用void表示，有数据的地方就设置一个变量而已。在函数内部的第一句就又设置了一个变量，这是为下面的累加数延时做准备的。

下面就是延时程序了，我们一直在用它却并不了解它是怎么延时的。其实没什么了不起，就是让单片机一直做小学的算术题，要延时多久就算多少题，这段时间单片机不能干其他事情，这样就达到了延时的目的，看上去很安静的单片机其实一直在忙着。

“while(––a != 0){ }”是一个while循环，当小括号中的数据为真时函数将执行大括号里的程序，“––a != 0”的意思是a的值减1后不等于0，“––a”是指a的值减1，“!=”是不等于的意思。

“for(i = 0；i < 125；i++)；”是和while函数的功能相似的，它是先设定一个变量i等于0，然后判断i是否小于125，如果小于则执行大括号里的程序，然后让i加1，再重新判断i是否小于125，直到i大于等于125的时候函数才会结束循环。细心的朋友会发现“for(i = 0；i < 125；i++)；”中根本就没有大括号，其实是用“；”代替了“{}”，相当于“for(i = 0；i < 125；i++){ }”，就是执行了空指令。现在我们假设调用“Delay1ms(20)；”这个函数，看看延时程序是如何完成工作的：首先a的值是20，之后执行“while(––a != 0){ }”，a的值变成19则不等于0，执行大括号里的程序“for(i = 0；i < 125；i++)；”，i的值是0则小于125，程序执行一次空操作，i的值加1变成1还小于125再执行一次空操作，直到i的值大于等于125时程序才停止循环。不过这还不算完，外面一层的“while(––a != 0){ }”又拦住了程序，这次a再减1等于18，还是不等于0，又跳进了for循环空操作125次，就这样一遍又一遍地走呀走呀，终于到了a等于0的时候，这时整个延时程序宣告结束。一共执行了20个125次空操作，全部过程耗时20ms，达到了延时目的。

大括号的位置也是美观度的一个考验，大括号是函数体的重要构成，在[程序3]和[程序4]中是两种常见的排版方式，其

位置不会影响程序内容，较好地摆放大括号有助于让程序一目了然、简洁干净。我个人喜欢前者，因为这样节省行数，又可以方便了解程序结构。

[程序6]

```
void open (void){                     //
    if(ONOFF == 0){                   // 如果 ONOFF 为 0 则证明开关键按下
        Delay1ms(20);                 // 等待 20 毫秒躲过按键不稳定的状态
        if(ONOFF == 0){               // 再看开关键是否被按下
            MARK = 1;                 // 将标志位变成开灯状态
            while(ONOFF == 0);        // 等待按键放开
        }
    }
}
```

[程序5]是灯泡的驱动程序，它将从亮度值数据中读出亮度值并根据这个值来驱动灯泡。其实关键是亮度调整的实现，我是设置了一个固定的时间长度为255个时段，如果灯泡在255个时段中都是点亮的，那么灯泡达到其最大亮度，如果灯泡只在255个时间段中的1个时段是点亮的，那么灯泡就是闪烁的效果，就好像前面学过的闪烁LED一样。幸好人体工学给了我们一个机会，当灯泡闪烁速度足够快时人眼就分辨不出闪烁而是看到亮度较低的光亮。[程序5]就是让灯泡在该亮的时段点亮，再将熄灭给余下的时段，这就是传说中的占空比。"LED = 0;"是令LED的值变成0，也就是低电平。"a = ~a;"的意思是将a的值以255为准取反，如果a的值是0取反后是255，如果a的值是5取反后是250，这是有趣的数字游戏。

[程序7]

```
void close (void){              //
    if(ONOFF == 0){
        Delay1ms(20);
        if(ONOFF == 0){
            MARK = 0;           // 将标志位变成关灯状态
            while(ONOFF == 0);
        }
    }
}
```

程序中必然有一些重复和类似的内容，我们看情况可以不加注释信息，例如[程序5]中就有2条语句没有注释信息，联系上下文谁都明白这2条语句是何含意。为读程序方便是要加注释信息的，但要适量、适度。

[程序6]、[程序7]、[程序8]、[程序9]是按键判断和处理程序，它们看上去都有相似之处。其中[程序6]和[程序7]又非常地相似，只有一点点不同，按照我们前面讲到的相同程序可以变成子程序的原理可不可以将[程序6]和[程序7]合并成一个程序呢？是可以的，我把这么好的差事留给你来玩吧。"if(ONOFF == 0){ }"是一个判断语句，意思是如果ONOFF等于0则执行大括号里的程序，如果不等于0则跳过这里继续执行其他程序。值得注意的是"="和"=="的区别，这和小学学过的数学表示不同，这种有趣的表述是C语言的特长。"A = B"是指将B的值传给A，"A == B"的意思是A等于B，多看几次实例程序自然十拿九稳。

[程序5]

```
void drive (void){   //
    unsigned char a; // a控制延时长度
    a = Brightness;  // 取得亮度值数据
    LED = 0;         // 点亮灯泡
    delay (a);       // 延时长度随a而改变
    a = ~a;          // a值取反  决定灯灭时的占空比
    LED = 1;
    delay (a);
    a = ~a;          // a值取反  使a回到原值继续循环
}
```

程序的层次关系是自然存在的，总有一些程序是套在另一个程序里面的，这种一环套一环的程序结构对于熟悉汇编语言的朋友是一时半会很难适应的，在不断练习之后C语言的特点渐渐清楚，再回头套用就简单了。如果你现在还不怎么会套用也没关系，只要你不断地参考、分析别人的程序，自然而然的本能就会钻进你的脑袋。依然使用"Tab"键空出适合的空间让结构看上去层次分明，大括号里面的程序要比外面的多缩进一段，通过语句位置判断层次，这个习惯值得养成，与人方便自己方便。

初始化程序可算是程序中必不可少的部

[程序8]

```
void add (void){                    //
    if(ADD == 0){                   //如果ADD为0则证明变亮键按下
        Brightness++;               //亮度值加1
        if(Brightness > 254){       //如果亮度值大于最大值时
            Brightness = 254;       //则保持最大值状态
        }
    }
}
```

[程序9]

```
void dec (void){                    //
    if(DEC == 0){
        Brightness--;
        if(Brightness < 1){
            Brightness = 1;
        }
    }
}
```

[程序10]

```
void init (void){ //
   LED=1;              //灯泡和按键初始状态设置
   ONOFF=1;
   ADD=1;
   DEC=1;
   Brightness=130;//初始化亮度值
   MARK=0;             //状态切换标志位
}
```

分,包括单片机内部的初始化数据和对外部器件的初始化,就是制定出最开始的工作状态，当然也是可以将初始化的内容分散地写在程序中，不过这样做会没有条理而让日后的修改更困难。[程序10]是将灯泡、按键、亮度值和标志位在单片机运行的最初变成这个状态。

以上所有的模块化程序讲完，主要的功能和结构都随着介绍了。这些模块化程序是依据程序流程图制作的，模块之间需要互通的数据已经在程序最开始设计成了全局变量。KEIL在编译C语言程序的时间很讲究，它如果发现A函数中调用了B函数，那它一定要在A函数的前面见过B函数或是B函数的声明才行，所以我们尽量调整顺序到最佳状态。

每个完整的程序都会有一个main函数，程序将从这里开始，我们前面的所有程序都要在这里按顺序乖乖排好，这相当于流程图中各模块间箭头的功能。在[程序11]中，(2) 是main函数也就是整个程序运行的第一步，调用上面设计好的init()初始化函数，之后进入一个无限循环体。(3) 是一种实现循环的结构，while(1){}中的条件判断始终是1，也就是永远为真，这就实现了循环体里面的程序是无限循环的，在它之前的程序只在开机时被调用一次，在它之后的程序总是不会被调用。这是单片机编程的主流方法，这时的CPU是始终不停地工作的，如果这种CPU占用率是百分之百的情况出现在你的电脑上时，你可能会很害怕，这会耗费电能又让电脑速度变得超慢。我们很少在单片机程序中加入资源管理的部分，也就是没有事情可做时让CPU处在空闲状态，而空闲状态在LINUX、μC/OS等操作系统里都是再自然不过的事情。(4) 和 (6) 都是状态判断，(4) 是指当MARK等于0时则表示灯现在是关着的，进入函数里运行等待开关按下的开关程序，(6) 是指当MARK等于1时则表示灯目前是开着的，进入函数里运行灯泡驱动和判断开关键和两个调光键是否被按下，其实MARK的状态开关构成了两个循环。

从格式可以看到一种风格和编程态度，至少我们需要达到的应该贯穿始终。一段程序是给单片机看、给自己看、给别人看的，在最开始的日子里尽量多为三方着想，发现问题并解决它，从中积累经验，回头把经验用在实践中，再发现问题。虽不是一朝一夕但也不会太久，个性的编程风格会来到你身边，助你成为具有独特风味的编程高手。

调试即将成功

程序简单调试也就简单，但二者并不总是成正比关系，有时一个小失误就会耗费许多时间和精力，不亚于恋爱中的悲欢离合。调试是编程开发的重要环节，编写程序是在为画面勾勒出大体的轮廓，而调试是细细描绘的过程。在没有仿真器的情况下，只把程序下载到单片机中看效果是比较低效率的方法，当设计一些大程序时是有一些困难。还好我们现在玩的都应该算是小程序，调光台灯也算是小程序了，就以其为例聊一聊不用仿真器时小程序的调试方法吧。

调试的目标就是要运行正常，这包括程序中所有的运行状态，我需要做的就是模拟出各种不同的状态给程序，看它能不能输出理想的结果。回头看看调光电路有多少种

全能高手，指点江山

从终点回到起点

文/杜 洋

缘起

从这一刻，状态就变了，中间商的工作不再重要，帮助我们入门的人总是停滞在入门状态不能自拔，而我们需要走下去，从现有的初学者生物链中走出去，跳进一个新的循环。新循环里的人就是知识渊博、经验丰富的一群，他们可以独立思考问题、对技术有自己的见解，他们可以设计出新奇的东西，并和这个循环里的人讨论交流。他们会公开自己作品的部分或全部资料给需要的朋友，他们会帮助初学者生物链里的朋友解决一些所谓困难的问题，这个群体人数不多但具有令人羡慕的地位，单片机初学者们亲

状态，这是考验每个爱好者总结能力的时候，认真的态度依然要保持。我们的调试是将程序用 ISP 下载线下载到单片机里运行，然后模拟出各种状态观察程序结果的过程，这个过程可以直接在目标板上完成，也就是最终实用的调光台灯电路。我们所要总结的有正常的工作状态和异常的状态，我们并不能保证使用者一定按我们的意图操作，所以我们在调试时为了保证该实现的功能一定要能正确实现，还要站在使用者的角度去考虑人性化和安全性。虽然现在单片机爱好者都只是为了玩一玩也没有太多讲究，不过想设计出好的作品就应该考虑得更多、更细致。

[程序 11]

```
void main (void){             // 主函数  实现程序流程 (1)
    init();                   //调用初始化程序         (2)
    while (1){                //循环结构               (3)
        if(MARK == 0){ //状态标志为关灯状态时 (4)
            open();    //等待开关键按下 (开灯)(5)
        }
        if(MARK == 1){ //状态标志为开灯状态时 (6)
            drive();   //驱动灯泡             (7)
            close();   //判断开关键按下 (关灯)(8)
            add();     //判断变亮键按下        (9)
            dec();     //判断变暗键按下       (10)
        }
    }
}
```

调光台灯的正常状态有以下几部分：接通电源的初始化状态、开灯操作时的状态、关灯操作时的状态、变亮操作时的状态、变暗操作时的状态。异常状态则是说在正常操作步骤之外使用者别出心裁的操作状态，这包括：初始化后按下“变亮”和“变暗”键时的状态、在关灯状态下按下“变亮”和“变暗”键时的状态、在开灯状态下同时按下“变亮”和“变暗”键时的状态、长按“变亮”和“变暗”键时程序最终的状态、各种状态下同时按下三个按键的状态等等。这些都是使用说明书上没有的内容，应该保证异常操作时程序无动作或是尽量驱向于用户可以接受的动作。要把出现的问题列出来看看是否需要解决和如何解决，这个过程中你就不是设计者了，而是一个纯粹的使用者，如果自己做不到也可以让其他人使用一下，因为设计作品是为了给人用的，不是高科技的陈列品。

虽然人性化的工作在程序设计时就已经考虑过，但是经验告诉我在调试阶段是最容易发现问题、产生想法的时候。比如现在的调光台灯中就存在一个不是问题的问题，在开、关灯时灯光是突然点亮或熄灭的，如果设计成开灯时渐渐点亮和关灯时渐渐熄灭可以让使用者的眼睛慢慢适应灯光，这种考虑就是实际使用时发现的，从编程技术角度看并不困难。我现在的程序里没有这个功能，有兴趣你就试试加上它吧。

总之，我想说的是设计比技术重要、认真比创新重要、思路比经验重要、借鉴比原创重要、实践比理论重要、人性化比高、精、尖重要、专注细节比功能强大重要、快乐比成功重要。也许你不同意我的观点，没关系，玩得开心就好！

切地称他们为“高手”。将初学者和老学者区分成两个单位，“高手”这个敬词才有了相对意义，依我所见人人都想成为高手，可是山外青山楼外楼的故事预示着人人都不是高手，相对概念的讨厌之处正在于此。还好，我用前面四篇文章潜在地定义了初学者的状态，那么一种高手的状态自然反现出来，本篇文章着力介绍高手的状态，我大胆假设这种高手状态就是你学习单片机所想要达到的最终目标，目标面前人人平等，你不比别人少什么，可是别人比你少读了这篇文章，我特别希望其结果大不相同。这就是我的目标，为实现你的目标的目标。

现状是什么呢？初学者世界有一条生物链，链条中最基本的部分是学习者，也就是你。你不会、你想学、你想成为高手，链条的动力就产生了。学习者的上层是教育者，他们用文章、言传等各种形式告诉学习者他们想知道的，包括有一些初学者在学习过程中积累了一些经验并与大家分享，其实不觉中也变到了教育者。依我看，《无线电》和学校里的老师都是属于这个层面。

教育者的上层是设计者，我们现在所学习的单片机制作，如电子钟、调光台灯等单片机产品都是设计者完成的，他们为教育者提供材料，也为学习者提供了仿真样品。教育者有时和设计者合为一体，现在市场上卖的单片机开发板，还有一些单片机学习类的网站都是自己设计并提供学习资料的。

最上一层是生产者，这是原材料的供应环节，我们制作中使用的单片机、时钟芯片、液晶屏之类需要购买的元器件都是生产者提供的，他们不只是生产元器件，因为他们首先要让设计者知道元器件的用法，之后设计者制作产品来满足另一个叫单片机产品生物链的需要。那么高手的意思就是在这个链条里占据更高的位置，而更牛的就是占据多个位置成为全能高手。如果我们只局限在用教育者提供的资料来学习，我们至多成为另一名教育者，也就不会有更大的进步。如果想快速地成为全能高手就应该找到最上层生产者的资料来学习，这虽然有一些艰难，但是一旦成功我们就直接变成了设计者。如果你现在还是初学单片机，你也是可以慢慢悟出链条关系并最终成为设计者的，只是了解这个链条就需要很长时间，至少我自己是这样。本文的目的就是帮你缩短这漫长而又宝贵的时间，跳出固有思维定式，快速占领高地，直接和生产者对话。

和生产者对话可不是一件容易的事情，因为大部分生产者都是老外。老外也会几句中国话，不过大部分说的还是外语，这也是许多朋友了解了链条关系后还没能与生产者对话的原因。生产者在提供元器件的同时还会给一份技术手册，这就是我们的切入点，与生产者的对话从这里开始。

现在我时常还会设计一些小作品，当然我要做的并不是仿制别人的，而是追求原创。当我需要一个元器件的时候我很自然地就会在网上搜索相关的Datasheet，通篇看过之后我会了解元器件的特性并决定是否使用它。Datasheet，即技术手册，行业内常用词汇。不久你会像鱼儿离不开水一样需要它，它是单片机世界里万事万物的本原，单片机爱好者漫长的学习生涯中不可缺少的船桨。技术手册一般不提供实现应用的电路原理图，没有制作过程的介绍，它有的只是一些最基本的元器件特性。从好的方面讲它可以让你不局限在教育者的思维框架之中，从坏的方面讲它需要你有较强的理解能力和丰富实验。更气愤的是很多数据手册都是英文，对于我这样的英文白痴来讲真是超现实版的黑色幽默，还好有翻译软件的帮助。目前，技术手册多是以PDF文档的形式出现在网上，只要在网上搜索某一元器件的型号就可以得到其技术手册，不论是单片机、普通芯片都可以找到技术手册。这里推荐一个技术手册搜索的好网站：www.datasheet4u.com，站内有N多技术手册，并且可以免费下载。

要想彻底了解AT89S52，那就要看它的技术手册，因为这是单片机生产商提供的资料，是最正确、最权威的数据，我们在其他文章中看到的对S52单片机的介绍都是从技术手册里看到，然后添枝加叶写出来的，实质性的东西万变不离技术手册。我在这里千言万语也不如你静下心来认真去看一看它，如果英语不好的朋友也可以先看看51系列的中文翻译版，然后再对照英文的看一遍。总之英语的一定要看，记住一些重要词汇，其他类似的手册中也会出现。一般我们要了解一款芯片都要在技术手册里找以下几个重点：接口定义、主要技术参数（如电压范围、功耗）、时序、操作方法、封装形式等。

理论总是有点抽象，举一个实用的例子吧：我们一般不会找电阻和电容的技术手册，也是相当少见，一般我们需要的是芯片的手册，主要的还是和单片机的接口芯片，我们就是来学单片机的嘛。我们拿一款常用的实时时钟芯片DS1302开刀，虽然熟悉的朋友感觉讲这个没有什么新意，不过用它更容易讲明道理。想一想一个时钟芯片我们需要它的什么功能？很简单，它要提供给单片机一个时间，这是最基本的。我们的目的就是让单片机得到这个时间。首先要有一个硬件电路，是电路都得有电源吧？我们要在技术手册里先找到芯片的工作电压什么范围，再看一下哪一个接口是连接电源的，备用电池接到哪个接口。其次就是看通信接口是哪几个，是什么通信方式的，I^2C、ISP、还是其他协议，最后看看它还有什么别的功能。图1所示是

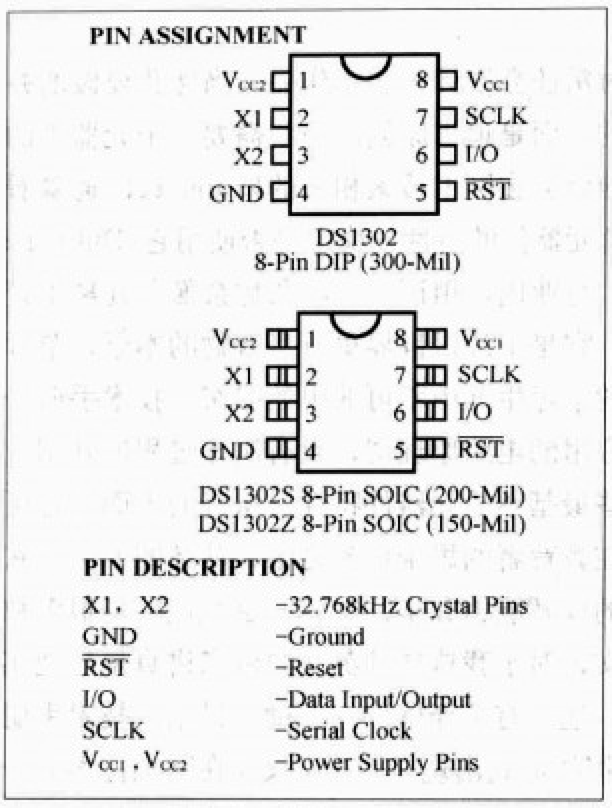


图1

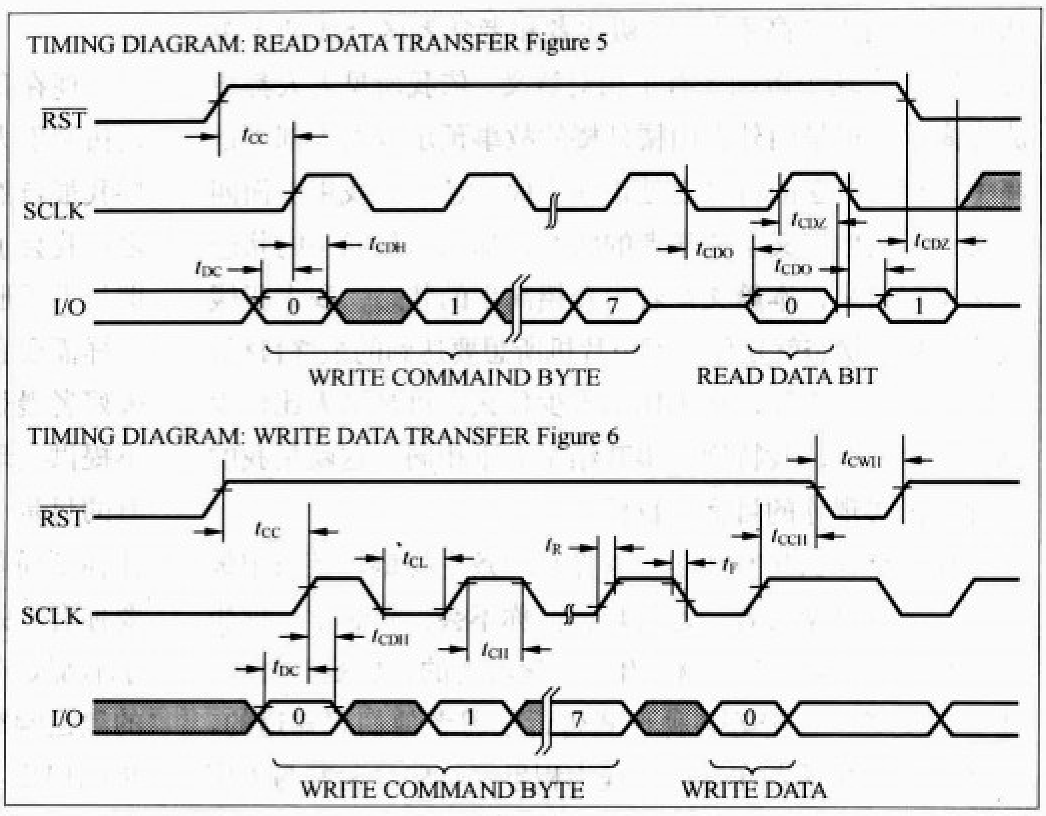


图2

DS1302时钟芯片技术手册上关于接口的定义和说明，虽然是英文的，但是为了想当高手也得学着看呀，不会的查词典去。在软件上要了解芯片的通信时序，不管是什么芯片无非就是读和写两个操作，图2所示是技术手册上关于数据读、写的时序。

时序图这个地方应该说道说道，可能有一些朋友还不太明白、不懂分析。图2所示的时序图是读和写两个时序图，上面的是读时序。所谓时序就是按照时间顺序的一个操作过程，在读时序部分有三条弯延曲折的横线，左边有它们的名字，分别是RST、SCLK、I/O，这是对应着芯片上的三个接口，时间从左边开始向右走，横线向上走就表示在单片机控制上要拉成高电平（操作数据为1），横线向下走则控制成低电平（操作数据为0），如果又有上走又有下走（像I/O时序线上的）就表示根据实际情况定义电平高低。现在我们用一个尺子竖在图表上，从左向右滑动来模拟时序的行走。一开始三条线都是平静的，突然RST向上走了，表示RST接口需要变成高电平。继续走突然I/O线又变成高或者低电平了。I/O是数据线，所以这个高或低可能是读出来的值或是需要写入的值，I/O时序部分下面有一行字写着“WRITE COMMAND BYTE（写入指令字节）”意思说这个值是需要单片机写入的，至于写什么内容要看数据指令对照表。假设我们的单片机在这时向I/O接口写入0或1，继续向下走。突然SCLK变高电平了，我们要让单片机把SCLK接口变成高电平，之后就这样一直走下去。这个识图的过程就好像我们刚学习识别电路图一样，需要一个过程。现在经验告诉我RST是一个芯片使能接口，高电平使芯片允许读写数据。单片机向SCLK写入高低电平变化的时钟信号，I/O按照这个时钟信号在SCLK从低电平变成高电平的时候将芯片写入0、1数据或是读出数据。可能有些朋友暂时还看不明白，不过没有关系，只要多看多思考就会有效果的，要知道能看懂数据手册就变成设计者了，这还不够你显摆的吗？在写程序的时候就可以根据时序表的顺序操作，[程序1]是一个简单的示范，并不能真正应用，它就是按时序表顺序编写的，时序表和数据指令对照表是芯片驱动程序编写的本源，不信你找一找别人写过的DS1302驱动程序，看看是不是和这个时序表中所介绍的一样呢？

技术手册是一个好东西，每当你见到不熟悉的芯片时

[程序1]

```
RST=1;      //复位端变成高电平，允许芯片通信
IO=1;       //向I/O接口写入1（这是需要写入的第一个数据）
SCLK=1;     //将SCLK变成高电平
SCLK=0;     //将SCLK变成低电平（这时第一个数据写入完成）
IO=0;       //向I/O接口写入0（这是需要写入的第二个数据）
SCLK=1      //将SCLK变成高电平
SCLK=0;     //将SCLK变成低电平（这时第二个数据写入完成）
...         //以此类推
RST=0;      //操作完成，RST变成低电平，禁止通信
```

首先就要想到找一找它的技术手册，当你可以独立欣赏技术手册时，你就已经不简单了。如果还可以根据技术手册写出驱动程序来，那你就可以考虑向《无线电》杂志投稿了，至于能不能发表是另一回事情，因为事实已经证明你从初学者一跃成为设计者兼教育者的高手。

整合

知己知彼、百战百胜，虽然学习单片机编程不像是战争，可是你要把它当成交战。前面的文章我们主要是讲单片机的编程，算是知彼的过程。如果现在你还对编程的事情不知所措的话，就跟随我在下面的文章中了解自己吧。你要知道自己的长处和短处，了解你有多少资源可以利用，知道你现在的程度是怎样的，你的进步速度有多快。资源整合可以帮你理清头绪，在思绪万千、不知所措的时候这个方法很管用。

看看你有什么资源吧，首先是有《无线电》杂志，能看到这段文字的你至少是有一本的，这是很好的老师，我挺喜欢它，虽然有些文章让我看了想睡觉。还有图书，大书店里都为单片机技术方面的书设立一个专区，里面有适合不同程度读者的书，可以爬书山揽月、游学海寻珍，大快朵颐好不自在。

书本始终是单向的，现在电脑网络的普及让更多朋友可以拥有互动平台。网络上关于单片机的网站、论坛应接不暇，里面的作品都是前辈们的精华。网络上我们还可以直接看到芯片生产商的技术手册、了解各种领域的新闻，与前辈交流技术和经验。可以说网络是学习单片机最好的途径，这是成本最低、互动性好、内容丰富的单片机世界，一旦拥有别无所求！另外，电子市场也是不错的学习园地，如果你家离电子市场较远又没有孟母三迁的能力，那就劳您大驾勤跑几趟，每次回来不要空手，多少买点东西，这可以激励你制作单片机作品又刺激了社会消费，论公论私都有好处。到了市场你可以了解元器件的价格、品类，货比三家，通晓行情。当你想设计前所未有的产品时，电子市场里打拼的经验能使你突然产生灵感。

你知道你喜欢什么吗？你知道你擅长什么吗？要做过才知道你是否喜欢，做久了才知道你是否擅长，找到你喜欢同时又擅长的部分将使你更幸福。在没有找准之前就要尽量地去尝试，我认识一个朋友也是单片机爱好者，他和我同一时间开始学习单片机，可是他的进步却比我快得多，理由很简单，他找到了他喜欢又擅长的部分，LCD屏显示技术。当我还在东瞅西看，各种单片机都想玩一玩的时候，他就已经专心于51单片机的LCD屏显示了。他也豁出去了，大大小小的液晶屏都买回来研究，这臭小子越玩越深，最后在LCD技术方面我都和他搭不上话了，只能聊别的。后来人家去了液晶屏行业相关的公司，虽然现在不怎么联系了，不过知道他进步很快。从这个活蹦乱跳的例子中可以预见，找到你喜欢又擅长的部分是多么重要。其实我一直特别喜欢用单片机制作机器人，可是我对于机械结构和电机驱动部分的能力几乎是零，所以俺有自知之明，没有研究这个部分，而转向自己比较喜欢却很擅长的部分。总之我想说的是在学习单片机编程开发中尽量给自己找到又喜欢又擅长的部分，这样你会很快变得优秀并且因此快乐。

末了

在单片机爱好者圈里混了这么久，好像一切到了尽头。是我技术高了吗？还是没有什么可做了呢？那我们看看单片机爱好者们的制作吧，看看我们怎么开拓。电子钟、无线遥控、红外遥控、LED点阵屏、LCD显示、步进电机、数字温度计、超声波测距、EEPROM、电子计算器、家电控制器、密码锁、电子琴、AD转换和DA转换。也许再努把力可以想出更多些，不过好像就这么多了，在单片机所能从事的工作就只是这些吗？有的时候我百思不得其解，当我把上述的东西都学会之后我又该做些什么呢？我选择了学习ARM技术，还有就是把自己学到的东西写出来，我建立了个人网站、建立了论坛。但是当手痒痒的时候却突然间不知该制作些什么，不久后我决定升级我原先的制作，包括3208LED电子钟在内的一些制作。我优化了程序，加入了新的功能，重新制作了电路图和文档。我想这是正确的选择，因为现在单片机爱好者中的作品很多，但是很少有精致与创新的制作。要不然就是作品很好，却不公开资料，让想仿制的同仁没有方法。现在我总结出一个道理，那就是不管东西有多简单都没有关系，只要用心把它做到精致就是成功的，像瑞士的手表、日本的汽车一样成功。博学固然有益，可是现代社会信息爆炸，有限的精力不可能面面俱到，今天学一样明天学另一样只能用成语“三心二意”来形容。专心做一件事，静下心、沉住气、不被社会浮燥打扰、不受金钱美色诱惑，一心把自己的事情做好实在是艰难曲折。我一般很少看电视，不过《士兵突击》中的许三多的笨劲确实吸引了我，也让我深深思考“做有意义的事”的价值。是呀，现代社会的我们太聪明了，聪明到我们不乐意吃苦受累，不喜欢认真工作和学习，总想着不用那么敬业也能得到好处。幸好机遇并不是只光临聪明人，踏实用功的人们依然可以做好事情，做让我们敬佩的事情。

到此我的文章结束了，好像全文没有多少是在研究单片机编程的，不过有些东西会比技术本身更重要，我不用技术类文章伪装一下又怎么能在《无线电》杂志上顺利发表呢？哈哈，不开玩笑了，让我们一起努力吧，朋友！

单片机及其在音响中的应用

文/杨宇全

编者按： 本专题旨在带领大家以玩的心态来轻松进入单片机的世界，体验到玩的乐趣。继而会给出单片机在音响上的典型应用（包括电路原理图和汇编源程序），让大家得到一些专业单片机设计的完整实例。

本专题内容分为“单片机基础实验教程”和“单片机在音响中应用集萃”两部分。基础教程您可在本期光盘中阅览，它是通过四个最简单的软件实验来引领初学者进入单片机的奇妙世界，而那些对于单片机有一定基础的读者，可以跳过基础教程直接阅读应用篇。应用篇也分为五个部分，分别介绍旋转编码器的解码、电子音量控制、荧光VFD显示和按键控制、红外遥控解码等最常用的单片机在音响控制部分的应用实例，最后还会给出一个单片机在数字功放上应用的综合实例，使读者能切身感受到单片机的魅力。

单片机的应用目前已经渗透到触手可及的一切领域。在音响产品中也早已经比比皆是。作为一个电子爱好者，掌握一点单片机的设计技巧，将其灵活地应用于自己的DIY作品或者产品设计中，这既是一种乐趣，也日益成为一种必要。

单片机是很好玩的东东

20世纪80年代初，当我卖掉了家里唯一值点钱的科尼卡照相机、三洋4500四扬声器收录机等，花1200元购买了属于我的第一个Z80单片机的时候，我太太大惑不解，问：这东西有什么用呢？我说：可以用来控制煮饭、洗衣服啊（当时的电饭锅、洗衣机我并未在市场上见过）……其实，我心里十分清楚：这不过是一个智力玩具，但没想到一玩我竟玩了二十几年，成为一个单片机的职业“玩家”。

本专题是采用美国微芯技术(MicroChip Technology)单片机作为实例来讨论的。MicroChip单片机的中档产品是PIC16系列：它的CPU采用RISC结构，视型号的不同分别拥有33/35/58条指令；采用Harvard双总线结构，运行速度快、低工作电压、低功耗，具有较大的输入、输出直接驱动能力；价格低，可以选用一次性编程（OTP）或者多次擦写的Flash程序存储器；小体积，适用于用量大、档次低、价格敏感的产品。其高档产品是PIC18系列，18系列具有10 MIPS的执行速度、把指令字长由原来的14位升级到了16位，增强了指令系统，具有更大的Flash程序存储空间和EEPROM/RAM数据存储空间，并且集成了硬件乘法器、CAN BUS引擎等在实时控制上有更高性能的内外部件。PIC 单片机在办公自动化设备、消费电子产品、电讯通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制不同领域都有广泛的应用。PIC系列的8位单片机目前在世界单片机市场份额排名已经稳居首位。

如何开始

当我们走进书店，单片机的书籍汗牛充栋，随便打开一本都是体系架构、存储分布、I/O功能、指令系统等等，对于非本专业的人来说，没看完已经晕过去无数次了。即便是学习本专业的，无论你考试成绩如何的好，要用它来做出一个实用系统，还是有太多的茫然。原因何在呢？并不是这些教材编写的不好，而是这种庞大体系的组织形式不符合人们的认知习惯。

如同我们所有的人都不是先学会了语法才开始学习语言一样，我们所有的积累其实都可以从“玩”开始——当然，这并不意味着我们可以抛开单片机的体系结构去创造出什么独门武林秘笈，只是可以从简单的实验开始，边玩边学，有用的结构就彻底弄清楚，暂时没有用或者是永远也用不上的就别去理会它（反正这里也不用考试的，哈哈）。这样，一本厚厚的参考书就会变薄了。

准备工作

一、必须的“玩家装备”

没有这些装备，就只能看着大家玩了，呵呵。本专题是以Microchip的中档单片机PIC16F87X及其汇编语言为范例来讨论的，之所以用汇编，是喜欢它“拳拳到肉”，既知其然，也知其所以然，当你明白汇编是如何控制单片机的各种寄存器后，再用C语言就很简单了。

本专题要用到的“装备”如下：

1.Microchip的通用编程调试器ICD 2（或者与其兼容的ICD 2）一个；

2.MCU_DEMO评估板一块，元器件清单如下：

(1) PCB	1
(2) 4MHz晶体	1
(3) 15pF瓷片电容	2

(4) 独石电容0.1μF 3
(5) 电解电容220μF/16V 1
(6) 小型按键开关 4
(7) LED（普通低亮） 4
(8) LED 8段数码管 4
(9) 9012 晶体管 4
(10) Buzzer(蜂鸣器) 1
(11) 1/4W 100Ω电阻 9
(12) 1/4W 330Ω电阻 4
(13) 1/4W 1kΩ电阻 1
(14) 1/4W 3.9kΩ电阻 4
(15) 1/4W 10kΩ电阻 4
(16) 1/4W 47kΩ电阻 1
(17) 10kΩ微型多圈电位器 1
(18) 28pin DIP插座 1
(19) 电源插座（同轴） 1
(20) 5芯排插（2.5脚距） 1
(21) 2芯插座（3.9脚距） 1

本评估板可以用来与仿真调试器ICD 2连接，完成I/O控制，A/D采样、显示等功能。利用片内10bit 的 A/D转换器，可以做成电压表；也可以接上温度传感器做成一个温度计（或者是带温度计功能的实时钟）；稍加改变，还

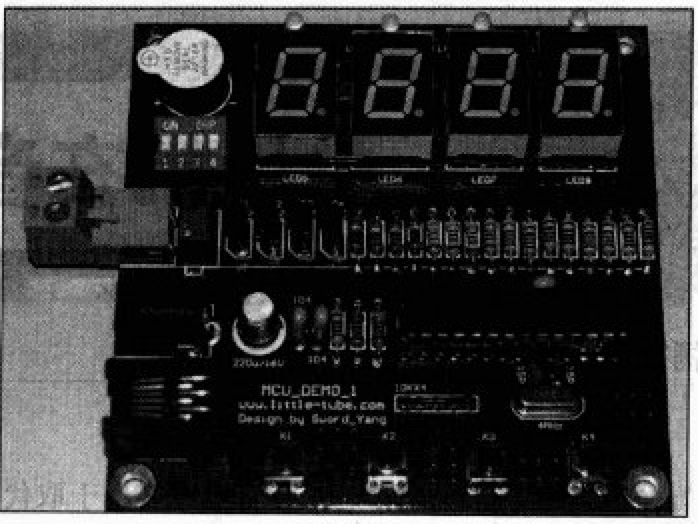


图2 MCU_DEMO评估板

可以通过添加串口适配芯片来实现和PC通信。评估板的电路原理图参见图1，组装好的样机参见图2，PCB图请见光盘。

3.参考书目：

(1)《PIC单片机实用教程－基础篇（第2版）》 李学海 著 北京航空航天大学出版社。

(2)《PIC单片机实用教程－提高篇（第2版）》 李学海 著 北京航空航天大学出版社。

二、安装开发环境

构建一个单片机的实验系统，除了有以上的东西外，还有一个很重要的东西就是仿真软件平台（开发环境）。Microchip提供了一个可以在其网站自由下载的、功能强大的免费集成开发环境：MPLAB IDE，目前最新的完整版是v7.60a。大家要花些心思去把这个开发环境安装好，安装完毕会在你的桌面出现一个“MPLAB IDE”的图标。

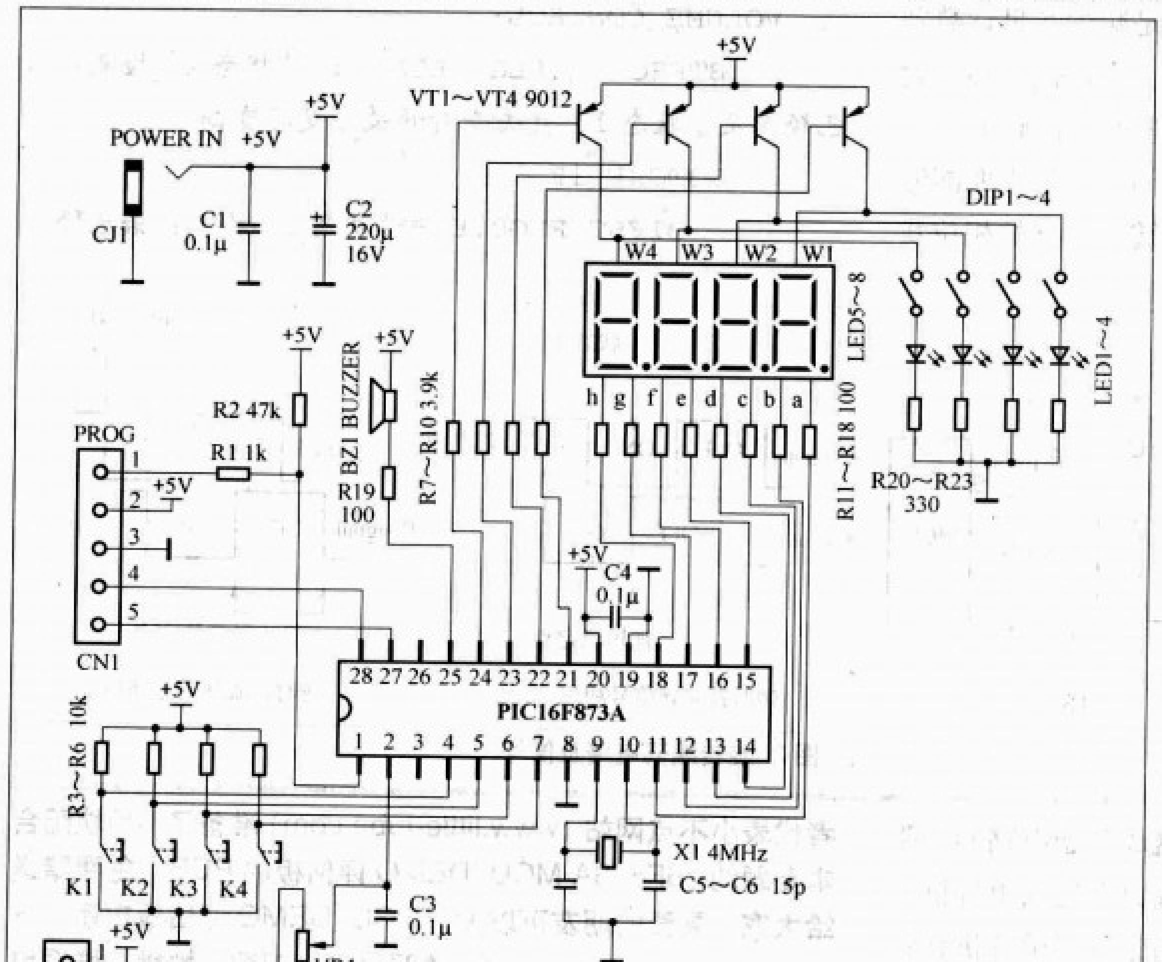


图1 PIC16F873A评估板

三、连接程序调试器

这里的程序调试器是ICD 2：将MCU_DEMO评估板通过一根双水晶头的6芯排线与ICD 2连接。评估板用一个5V的电源适配器供电。点击桌面上的“MPLAB IDE”图标，系统就进入仿真环境了。

在建立平台的过程中，会有种种挫折和莫明其妙的问题，大家要拿出在DIY放大器时不把功放装响誓不罢休的精神，排除困难，过了这一关，就会柳暗花明。

有了以上准备，我们就可以考虑如何来玩了，也就进入“单片机基础实验教程”的正文，对于单片机还比较陌

单片机在音响中应用集萃

文/杨宇全

应用一、旋转编码器的解码

旋转编码器（外形参见图1）在音响中多用于取代普通的滑动电阻电位器作为音量／音调控制的编码输入。它使用寿命长达100万次，比普通电位器长得多，而且不会因为机械磨损造成阻值的偏差，影响声道的平衡。其调节的精度仅仅取决于与单片机配合的音量控制芯片的控制级数，与本身的旋转角度无关，这也是普通电位器无法做到的，因此旋转编码器已经大量地用于精密仪器的调节上。

旋转编码器内部就是两个长寿命开关，可以根据旋转方向产生不同相位信号。电路如图2所示，当我们顺时针旋转时，开关A的输出信号A signal相位超前；如果我们逆时针旋转时，则是开关B的输出信号B signal相位超前，我们把A/B端分别接到单片机的两个输入端口，并在单片机内设置一个音量计数器，就可以用软件来判别是顺时针旋转还是逆时针旋转，以此判断是增加还是减少音量计数器的值，最后把这个计数值送到相应的电子音量控制芯片就可以实现音量（或者其他需要增量／减量的）控制了。

由于旋转编码器是随时改变的，我们的软件也要能够跟踪各个瞬时的状态变化，为了判断旋转编码器的相位我们还需要用三个标志位（bit变量）来记住开关A、B的“瞬时状态”。

旋转编码器的解码例程如下：

```
【说明】:
bit 变量定义:
状态1: FLG0,ECA 当开关A变高, B变低时, 置位(设为1), 为即将到来的增量做准备;
状态2: FLG0,ECB 当开关A变低, B变高时, 置位(设为1), 为即将到来的减量做准备;
状态3: FLG0,ECV: 当完成一次增加/减少时, 置位(设为1), 相位变动一次, 只做一次增/减量;
变量寄存器: VOLUE 用来保存音量变化数值。
16F873A的I/O端口B:
VOA:连接到编码器的A端子;
VOB:连接到编码器的B端子。
;=========================================
VOLUME_CONTROL:
    BTFSC     FLG0,ECA    ;  “状态1”检测: 若已经满足了状态1, 就去查看开关B是否变高
    GOTOKE_1E
      BTFSC FLG0,ECB;“状态2”检测: 若已经满
```

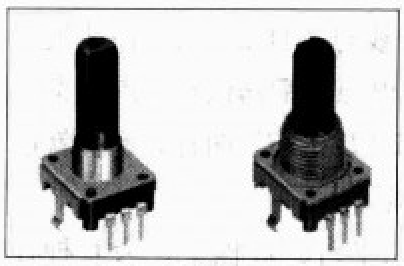


图1 旋转编码器

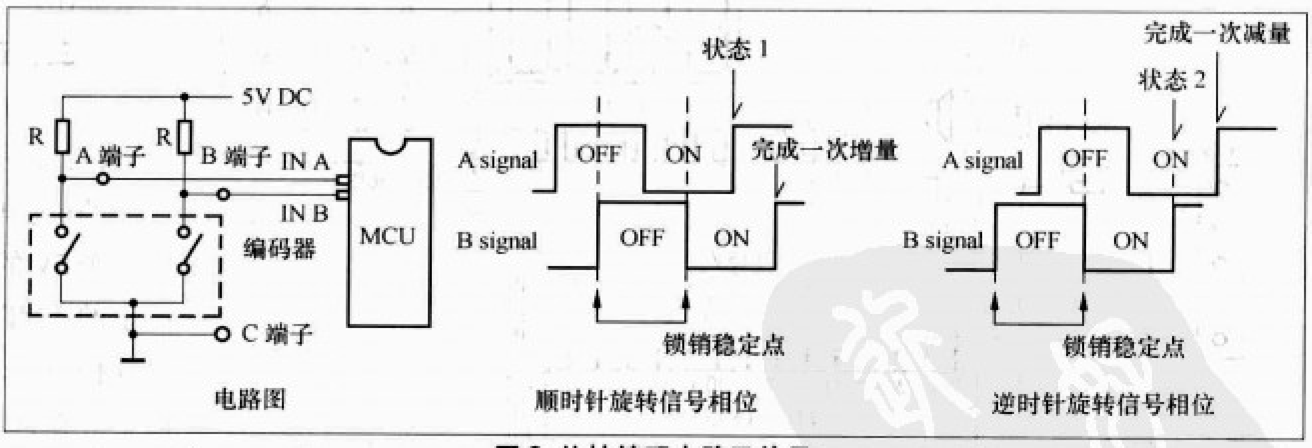


图2 旋转编码电路及信号

生的朋友，就请您把本期《无线电》光盘放到您电脑的光驱里，四个基础的单片机实验会让你发现原来进入单片机的世界是如此简单畅快，而对于那些急切想看到单片机在音响中应用的读者，让你们久等了，下面就是本期专题的重点——单片机在音响中应用集粹。

最后还有一个好消息，为了使初学者更加容易上手，笔者代表小不点网站（www.little-tube.com）准备了100块配合本专题的16F873A MCU_DEMO评估板的PCB，免费赠送给大家。需要的朋友可以发“MCU_DEMO评估板申请”到zhangyan@radio.com.cn，注明姓名、邮编、地址、联系电话、应用设想和对于本期《无线电》的看法和建议，活动截止时间为2008年3月15日，我们会在《无线电》网站上公布获赠名单。

足了状态2，就去查看开关A是否变高

```
    GOTOKE_1F
      BTFSS PORTB,VOA;"IN A" 检测
    GOTO KE_1B
 KE_1A: BTFSC PORTB,VOB; "IN B" 检测
    GOTO KE_1D
      BTFSC FLG0,ECV
    GOTO KE_EX
      BSF FLG0,ECA; 满足"状态1"的设置条件
    GOTOKE_EX
 KE_1B: BTFSC PORTB,VOB
    GOTO KE_1C
      BCF FLG0,ECV; 清除"状态3"
    GOTO KE_1D
 KE_1C: BTFSC FLG0,ECV
    GOTO KE_EX
      BSF FLG0,ECB; 满足"状态2"的设置条件
    GOTO KE_EX
 KE_1D: BCF FLG0,ECA
        BCF FLG0,ECB
        GOTO KE_EX
 KE_1E: BTFSS PORTB,VOB;"状态1"下，开关B
变高?
    GOTO KE_EX
 INC_VOL: BCF FLG0,ECA; 是的，完成一次增量，
清除"状态1"
    BCF FLG0,ECB; 清除"状态2"
    BSF FLG0,ECV; 设置"状态3"
    INCF VOLUE,F; 音量寄存器加1
    GOTO KE_EX
 KE_1F:  BTFSS PORTB,VOA;"状
态2"下，开关A变高?
    GOTO KE_EX
 DEC_VOL: BCF FLG0,ECA;是的，
完成一次减量，清除"状态1"
    BCF FLG0,ECB; 清除"状态2"
    BSF FLG0,ECV; 设置"状态3"
    DECF VOLUE,F; 音量寄存器减1
 KE_EX: RETURN
 ; ================
```

开关的瞬时位置比较抽象，大家要对比波形图和软件的状态去加深理解。

应用二、电子音量控制

电子音量控制实际就是一个数控的电位器。这里我们以美国Dallas的DS1801S为例，介绍如何用单片机来控制音量。DS1801S是一个16Pin的贴片芯片。其内部集成了两个按指数曲线变化的双路音频控制电位器，其中每一路电位器有65级与每级1dB对应的阶梯电阻网络，采用三线接口和单片机的SPI总线连接，同时它还具有信号过零切换和软件静音功能。芯片引脚和内部结构参见图3。其内部有三部分：

1.命令／控制单元：负责接收来自外部单片机的控制数据，送给16位的移位寄存器，并且根据外部／ZCEN引脚的逻辑判断是否需要做信号过零点检测（过零检测可以使得控制数据在信号过零点切入，这样音量控制不会突变）。

2.16位移位寄存器：用来对数字多工器进行控制，以切换不同的衰减阻值。

3.1～65级的数字多工器：用来切换衰减的阻值，使得数字电位器按照单片机输出的音量数据值进行衰减。

DS1801S芯片和单片机的连接：

1./RST：复位和片选，接到单片机的普通输出端口上(本例接到PORTC,6：Pin:17)

2.SCK：同步时钟信号，接到单片机的SPI时钟输出口（Pin:14）

3.D：数据输入端口，接到单片机的SPI的SDO同步串行数据输出口上（Pin:16）

数据通信波形参见图4上面部分，当单片机向DS1801S发送数据时，先拉高／RST的电平，选中SPI的目标芯片为这个音量控制芯片，同时SCK会输出同步时钟，数据则从单片机的SSPBUF缓冲器逐个移位，通过SDO发给音量控制芯片的数据接收端D。

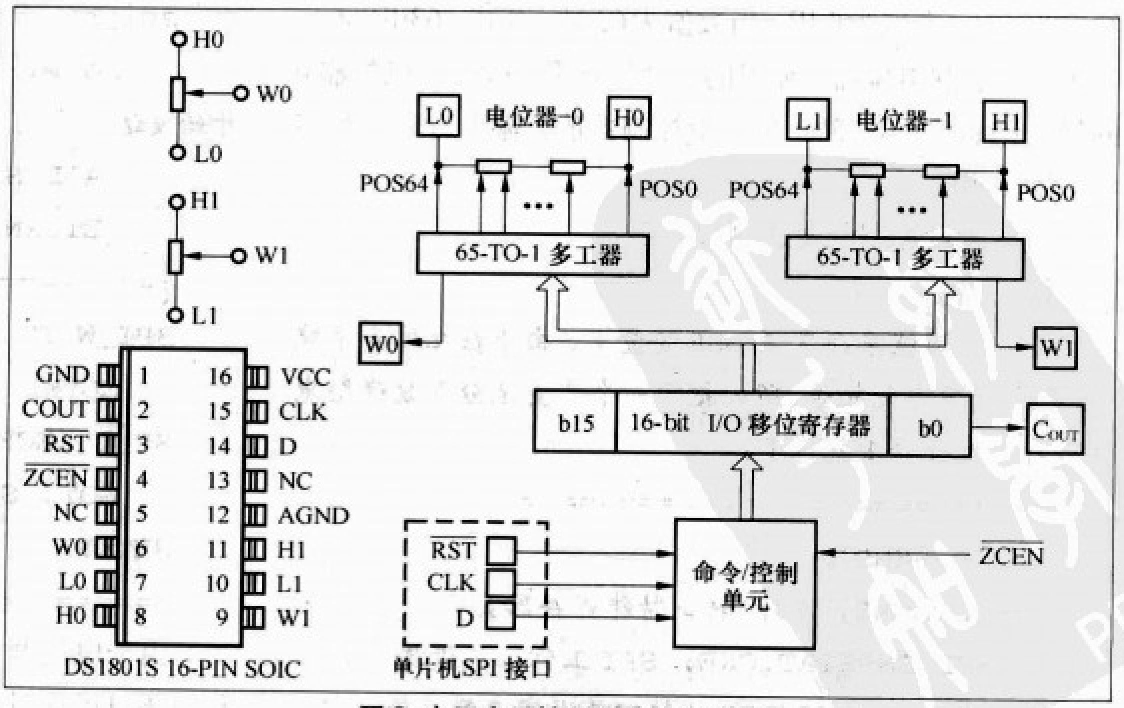


图3 电子音量控制芯片DS1801S

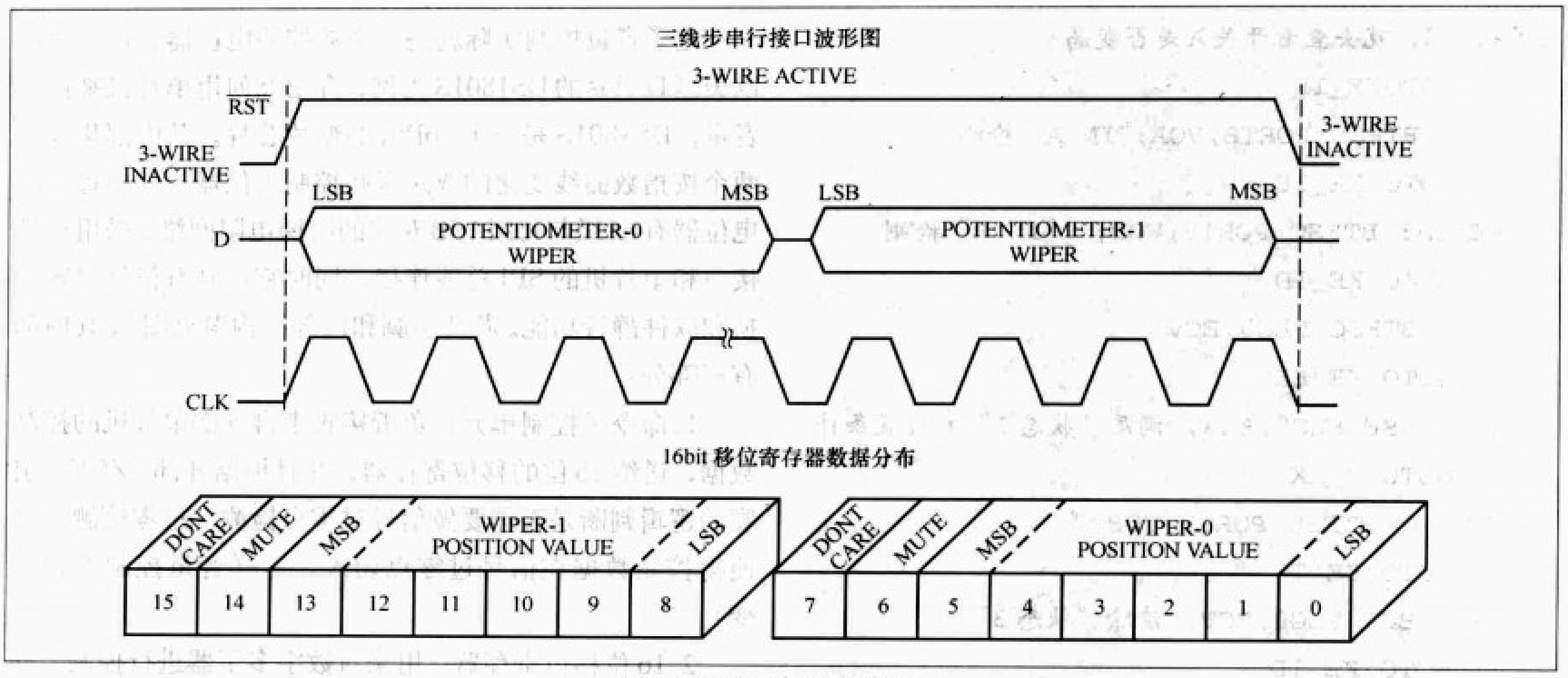


图4 移位寄存器数据分布

DS1801S 数字控制衰减特性表

POSITION	OUTPUT LEVEL (dB)
0	0
1	−1
2	−2
3	−3
4	−4
5	−5
63	−63
64 (mute)	−90

图5 控制数据与衰减的对应表

SPI 要连续发送16个字节的数据给音量控制芯片，数据的格式见图4下面部分。16bit的数据中，14～8bit是用来控制电位器1的，15bit未用，14bit作为静音位控制：本位为高时，电位器1无输出（静音），其余8～13bit是音量控制计数器，这是时下流行的衰减式设置的(请参见图5，当数值为0时，衰减为0dB，当数值为63时，衰减−63dB。6～0bit用来控制电位器0输出的，7bit未用，6bit是电位器0的静音控制位；0～5bit是音量控制数值，输出对应关系与电位器1相同。

数字音量控制的发送例程如下：

【说明】：

音量控制值保存在VOLUE变量里，由于在立体声系统里，两个声道音量相等，所以把同一个音量值分别发送给电位器0和电位器1就行了：

```
;==================================
VOLUE_SEND
BSF STATUS,RP0; 转到特殊寄存器页面
    BSF SSPSTAT,CKE; SPI工作方式设置
    BCF STATUS,RP0; 转回普通寄存器页面
    BCF SSPCON,CKP; SPI工作方式设置
BSF PORTC,VOL_EN; 拉高/RST信号
NOP
NOP; 延时2μs
MOVF VOLUE,W; 取出音量控制值
CALL spi_tx; 发送给SPI总线上的DS1802S（高位：15～8bit)
MOVF VOLUE,W; 第二次取数
CALL spi_tx; 第二次发送（低位：7～0bit)
NOP
NOP; 延时2μs
BCF PORTC,VOL_EN ; 发送完成，拉低/RST信号
RETURN
;==============================
spi_tx
    movwf SSPBUF; 把数据送到SPI缓冲寄存器，开始发送
    CALL SPI_WAIT; 调用延时子程序
    RETURN
;============================
SPI_WAIT    MOVLW.45; 延时子程序（50μs)
  MOVWF     SPI_DELAY
SP_1 DECFSZ  SPI_DELAY,1
  GOTO SP_1
RETURN
;=================================
```

由于电位器0和电位器1是两个完全独立的控制单元，我们还可以通过分别给两个音量控制寄存器送不同的值来

微调左右声道的平衡。

应用三：荧光显示VFD、按键控制

VFD(Vacuum Fluorescent Display)，通常也称为“真空荧光显示屏”。VFD是从真空管发展而来的显示元件，利用阳极上荧光体受电子的冲击而发光，是一种自发光显示元件。由于它易于做多色彩显示，又可以用低电压来驱动，所以，与半导体有较好的相容性，可靠性也高，所以被广泛应用在家用电器、办公自动化设备、工业仪器仪表及汽车等各种领域中。

和别的显示器件相比，VFD具有如下特点：

1.由于VFD为自发光元素，所以具有更广阔的视野角度以及更鲜明的显示效果。

2.显示部分的图案及文字均可自由设计。

3.可实现多色化显示。

4.由于VFD是在真空环境下进行驱动，因此，其对应用环境具有强的适应性，可靠性也较高，使用寿命长，动作温度范围较广，特别适用于车载显示。

5.动作电压低，易于驱动。

普通的VFD是三极管结构的电子管，至少在一个方向可以看到透明的真空容器内置有灯丝（直热式氧化物阴极）、栅极（栅网）以及阳极（涂覆有显示图形的荧光粉的导体）等基本电极，还置有各种金属零部件及通过厚膜或薄膜技术形成的膜层等。灯丝加热后，通过栅极控制飞向阳极的电子束，从而可以控制各个笔划、点阵像素的亮与灭。由于VFD的笔画、像素段比较多，目前都是通过专用的集成电路来驱动这些显示屏，也有把驱动芯片和VFD显示屏封装在一起的模块。

以下我们以三星的NHVC11SS40 VFD荧光显示屏以及NEC的VFD专用驱动芯片μPD16311为例，介绍如何用单片机来控制这个VFD屏的显示。NHVC11SS40 的结构见图6，整个屏幕划分为11个栅极区（1G~11G），每个栅极区下又分布有15 个阳极笔画段(P1~P15)，整个显示器的灯丝是共用的(图中未画出)，用 −4.1V 交流供电。

控制芯片μPD16311是一个1/8~1/16 DUTY 扫描的VFD控制器(共有52脚)，它有12条固定段码驱动（阳极）输出，8条固定的栅极驱动输出，另外还有8条可编程的段码/栅极驱动输出，可以灵活地自定义该输出是用作段码还是栅极，这样就使得芯片有很高的灵活性。芯片还包括了显示存储器、控制单元、键扫描电路、附加的LED发光管驱动电路。通过4线的SPI总线和外部的单片机接口，它的功能方框图见图7。

μPD16311芯片特点：

*多显示模式　（12段+16位至20段+8位数字）

*按键扫描　（4×12矩阵）

*亮度调节电路（8个亮度级）

*高电压输出　(V_{DD}−35V 最大)

*LED驱动口　（5通道，20mA最大）

*通用开关输入（4位）

*内部下拉输出（P沟道开漏＋下拉电阻输出）

*SPI串行接口　（CLK，STB，DIN，DOUT）

可见μPD16311是一个功能比较多，接口比较复杂的

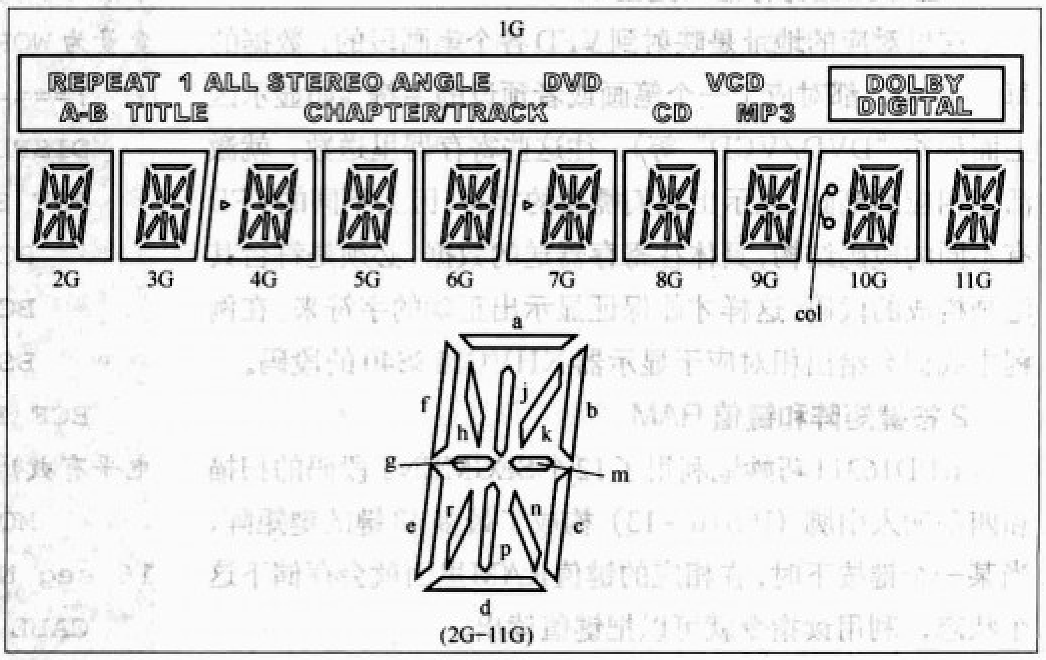


图6 NHVC11SS40 VFD的显示段

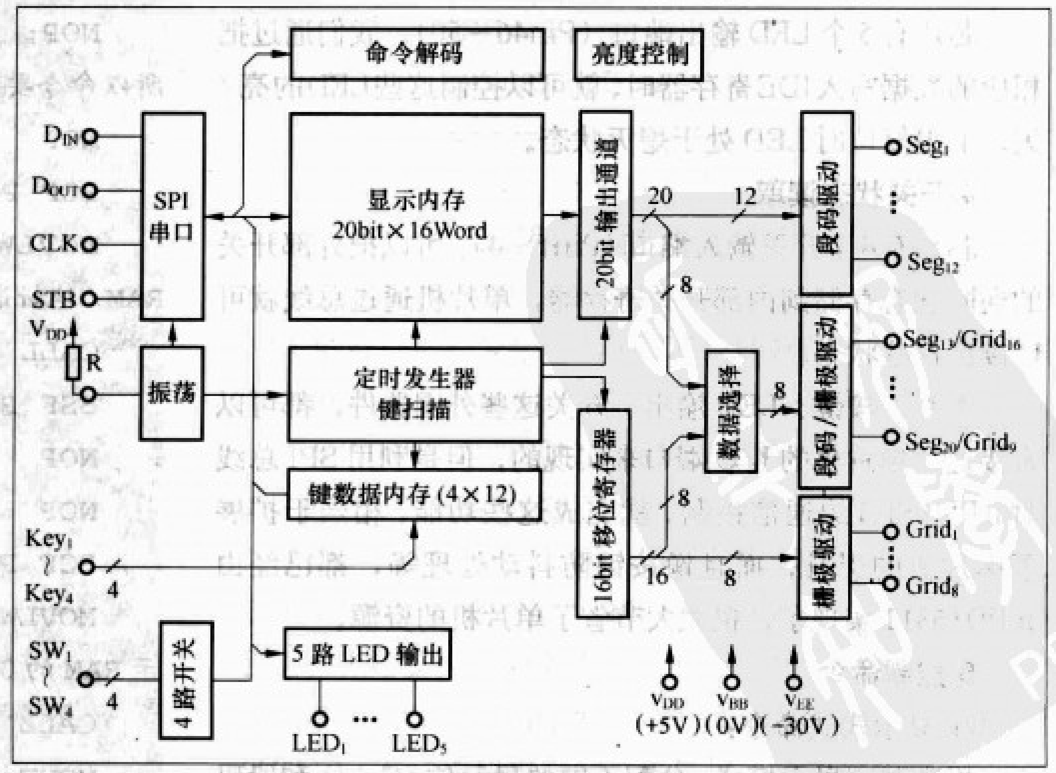


图7 μPD16311方框图

Seg1~Seg4		Seg8~Seg12		Seg16~Seg20	
00 H_L	00 H_U	01 H_L	01 H_U	02 H_L	DIG_1
03 H_L	03 H_U	04 H_L	04 H_U	05 H_L	DIG_2
06 H_L	06 H_U	07 H_L	07 H_U	08 H_L	DIG_3
09 H_L	09 H_U	0 AH_L	0 AH_U	0 BH_L	DIG_4
0 CH_L	0 CH_U	0 DH_L	0 DH_U	0 EH_L	DIG_5
0 FH_L	0 FH_U	10H_L	10 H_U	11 H_L	DIG_6
12 H_L	12 H_U	13 H_L	13 H_U	14 H_L	DIG_7
15 H_L	15 H_U	16 H_L	16 H_U	17 H_L	DIG_8
18 H_L	18 H_U	19 H_L	19 H_U	1 AH_L	DIG_9
1 BH_L	1 BH_U	1 CH_L	1 CH_U	1 DH_L	DIG_{10}
1 EH_L	1 EH_U	1 FH_L	1 FH_U	20 H_L	DIG_{11}
21 H_L	21 H_U	22 H_L	22 H_U	23 H_L	DIG_{12}
24 H_L	24 H_U	25 H_L	25 H_U	26 H_L	DIG_{13}
27 H_L	27 H_U	28 H_L	28 H_U	29 H_L	DIG_{14}
2 AH_L	2 AH_U	2 BH_L	2 BH_U	2 CH_L	DIG_{15}
2 DH_L	2 DH_U	2 EH_L	2 EH_U	2 FH_L	DIG_{16}

图8 μPD16311显示寄存器映射地址

芯片，要掌握它的编程使用，我们还得有点耐心才行。

1.显示数据寄存器（见图8）

这里对应的地址是映射到VFD各个笔画段的，数据的每一个bit，都对应了一个笔画或者预设的字符（如显示区上面那些“DVD/VCD”等），往这些寄存器里送数，就激活了相应的笔画，显示出我们需要的字符。因为不同的VFD有不同的段码结构，具体往寄存器送的数据，必须是符合其笔画构成的段码，这样才能保证显示出正确的字符来。在例程中我们会给出相对应于显示器NHVC11SS40的段码。

2.按键矩阵和键值RAM

μPD16311巧妙地利用了12个SEGMENT段码的扫描和四条输入引脚（Pin10～13）构成了最多48键的键矩阵，当某一个键按下时，在相应的键值RAM里面就会存储下这个状态，利用读指令就可以把键值读出。

3.LED端口

芯片有5个LED输出端口（Pin46～50），我们通过把相应的数据写入IDE寄存器时，就可以控制这些LED的亮/灭，上电复位时LED处于熄灭状态。

4.开关状态读取

芯片有4个开关输入端口（Pin1～4），可以把外部开关的通断状态存储到内部开关寄存器，单片机通过总线就可以读出这些状态。

本来，按键、LED输出、开关这些外围器件，都可以直接通过单片机的I/O端口来实现的，但是利用SPI总线对μPD16311的通信控制，就完成这些功能，相当于扩展了单片机的引脚，而且像按键防抖动处理等，都已经由μPD16311实现了，也大大节省了单片机的资源。

5.控制命令

(1)显示模式命令：

用来改变显示模式，分配不同的显示位（Grid）和段码(Segmengt)的组合。

(2)数据设置指令：

用来设置读出或者写入显示、按键、开关、LED等数据。

(3)地址设置指令：

用来设置显示区RAM的写入地址。

(4)显示控制指令：

用来开关显示屏，以及调整屏幕亮度（共有8级亮度调整）。

详细的命令请参见我们在例程中的注释。下面给出用μPD16311驱动NHVC11SS40 VFD荧光数码屏的单片机例程：

【说明】：

我们只利用了NHVC11SS40 VFD的“米字”段（共10个字符位），上面的固定字符不用。每个位需要显示的字符变量为WORxH和WORxL，共有10个位。

```
;============================
DISPLAY_SEND
BSF STATUS,RP0; 设置PIC16F873A的SPI模式
    BCF SSPSTAT,CKE
    BCF STATUS,RP0
    BSF SSPCON,CKP
BCF PORTC,VFD_EN; μPD16311 片选有效（低电平有效）
    MOVLW 0XD0; 发送显示模式命令:设置12 dig, 16 seg NHVC11SS40 有11 dig, 14 seg.
CALL spi_tx; 调用SPI发送子程序
BSF PORTC,VFD_EN; 片选上拉，完成一次传送
NOP; 在μPD16311的通信数据流中，是最低位在前，所以命令要颠倒过来。
NOP
BCF PORTC,VFD_EN; 片选有效
MOVLW 0X02; 发送数据设置命令：写数据到显示RAM/地址递增/普通操作
CALL spi_tx; 调用SPI发送子程序
BSF PORTC,VFD_EN; 片选上拉，完成一次传送
NOP
NOP
BCF PORTC,VFD_EN; 片选有效
MOVLW 0X03; 发送地址设置命令:以下数据写到显示RAM的00地址
CALL spi_tx; 调用SPI发送子程序
MOVF WOR1H,0; 写DIG 1 数据高字节
```

```
CALL   spi_tx;调用SPI发送子程序
       MOVF  WOR1L,0;写DIG 1数据低字节,完成第1个字的显示
       CALL spi_tx; 调用SPI发送子程序
 MOVLW  .0;写一个无用的数据填充SEGMENGT17~20 RAM区，以便地址递增
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR2H,0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR2L,0
       CALL spi_tx;完成第2个字的显示，其余相同
       MOVLW.0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR3H,0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR3L,0
       CALL spi_tx; 完成第3个字的显示
       MOVLW.0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR4H,0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR4L,0
       CALL spi_tx; 完成第4个字的显示
       MOVLW.0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR5H,0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR5L,0
       CALL spi_tx; 完成第5个字的显示
       MOVLW.0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR6H,0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR6L,0
       CALL spi_tx; 完成第6个字的显示
       MOVLW.0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR7H,0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR7L,0
       CALL spi_tx; 完成第7个字的显示
       MOVLW .0
       CALL spi_tx     MOVF WOR8H,0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR8L,0
       CALL spi_tx; 完成第8个字的显示
       MOVLW.0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR9H,0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR9L,0
       CALL spi_tx; 完成第9个字的显示
       MOVLW.0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR10H,0
       CALL spi_tx
       MOVF  WOR10L,0
       CALL spi_tx; 完成第10个字的显示，所有字的显示完成
       MOVLW.0
       CALL spi_tx
  BSF  PORTC,VFD_EN
       NOP
       NOP
   WR_D4:BCF PORTC,VFD_EN
       MOVLW0X31; 显示控制命令：开VFD，亮度调节在11/16脉冲宽度
   WR_D5: NOP
       NOP
       CALL spi_tx
       BSF  PORTC,VFD_EN
       RETURN; 返回
;============================
```

(具体电路参见综合应用五的电路原理图)。

应用四、红外遥控解码

红外遥控已经广泛地用在音响产品中，下面我们将以NEC的红外遥控发射芯片μPD6121的编码格式为例，介绍如何用单片机来做NEC格式的红外遥控解码。

μPD6121红外遥控发射集成电路采用NEC的传输格式，目前广泛地应用在电视机、录像机、音响设备、空调机等家电产品上。结合外部二极管和电阻器可以做成客户自己定义的编码，最高可以获得65536种遥控编码。该芯片体积小，功耗低，可以做成外形小巧的红外遥控发射器。图9是该芯片的引脚及功能方框图，遥控器的应用电路图请参见图10，客户编码电阻和二极管接入位置的改变，可以改

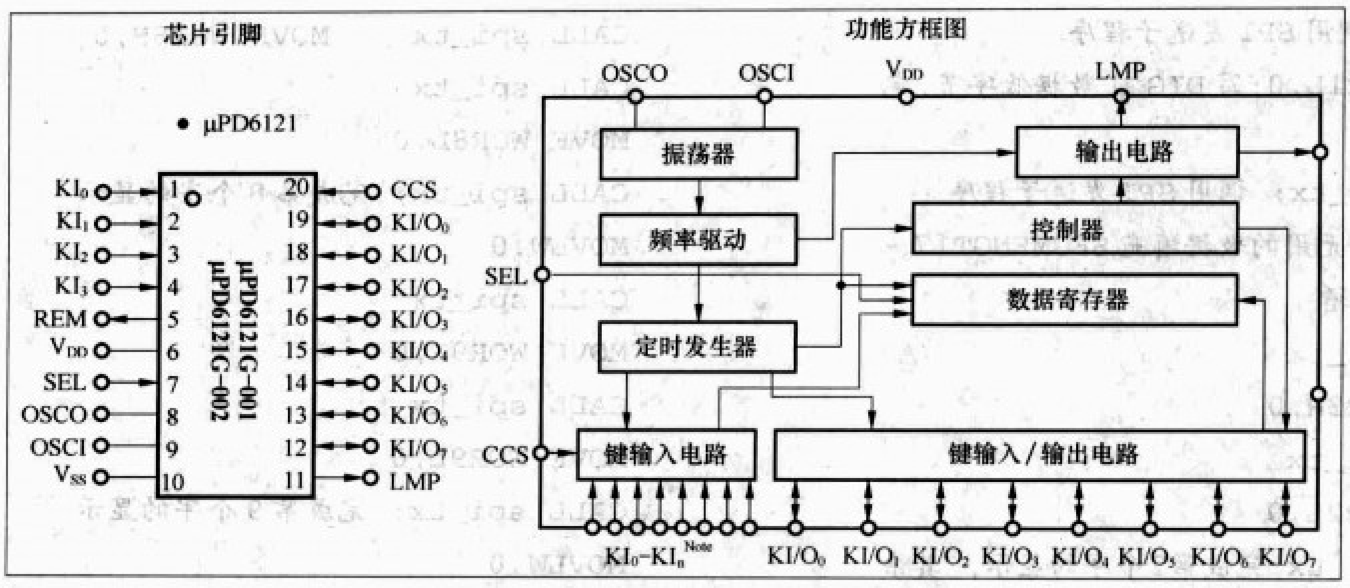


图 9 μPD6121G 引脚及功能框图

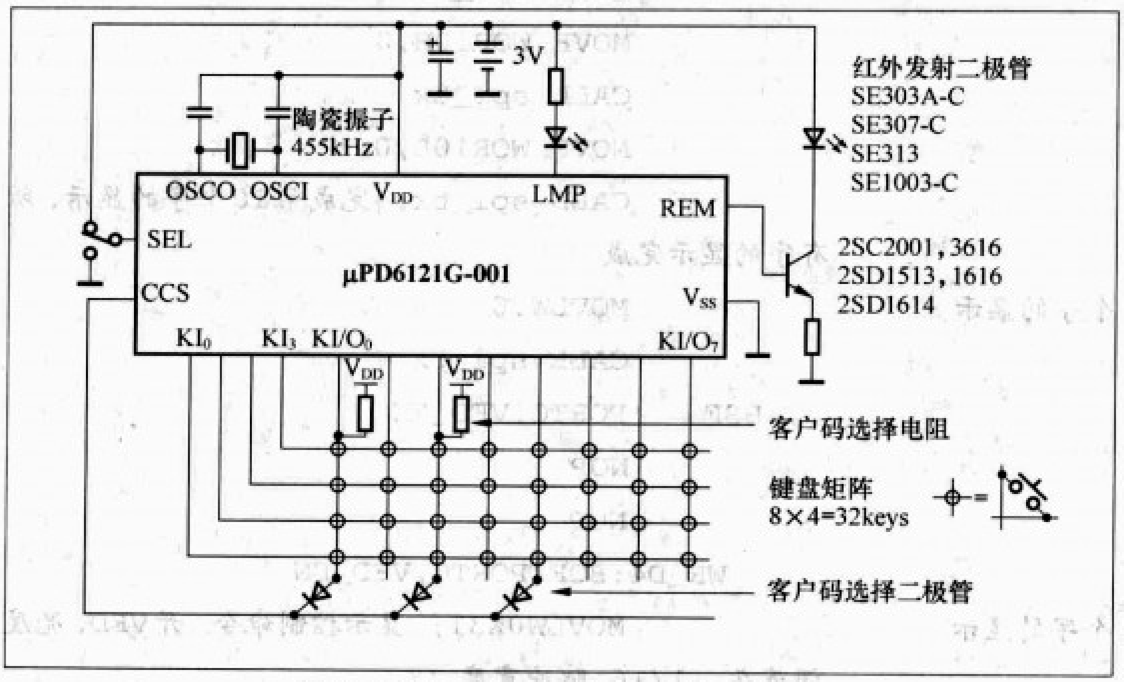


图 10 采用 μPD6121G 红外遥控发射电路

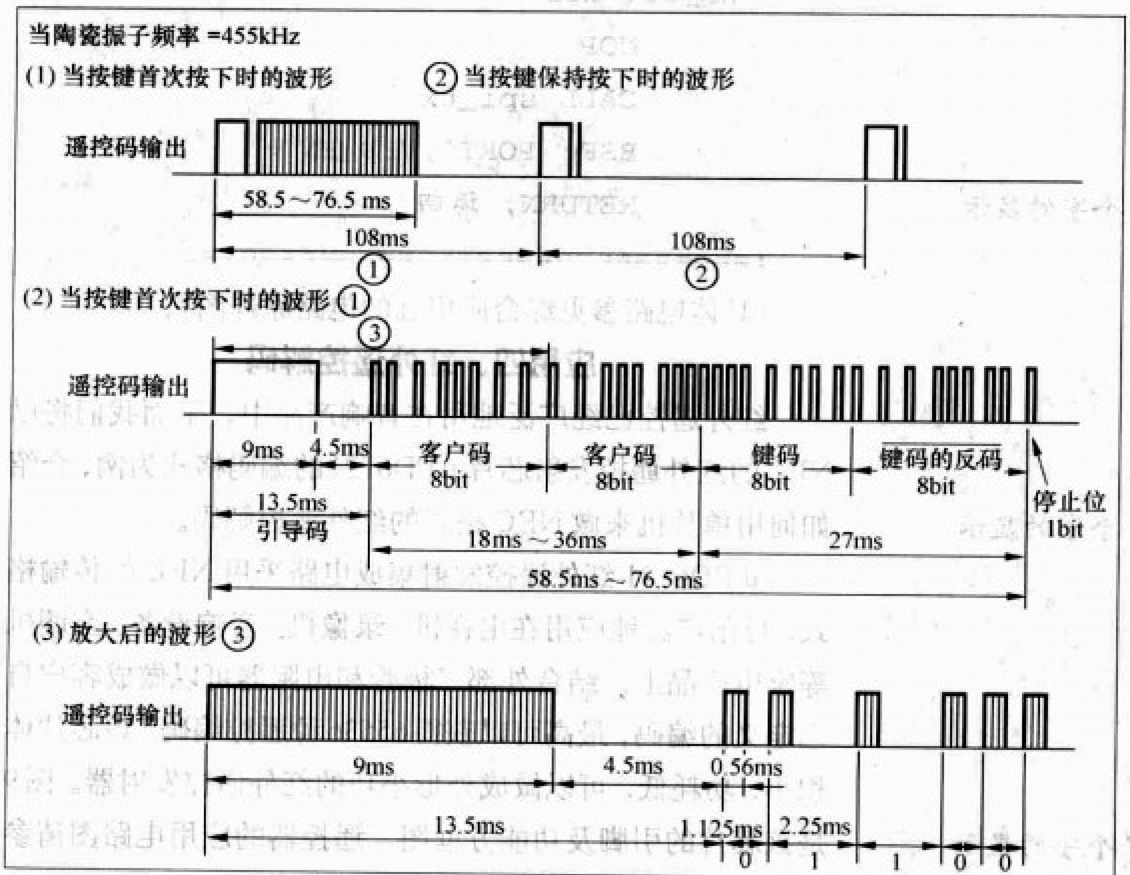


图 11 遥控编码的波形图

变数据流的客户编码部分，用来区分不同厂家、不同种类产品的遥控器。

NEC 的传输格式有引导码、客户编码（16位）、数据码（16位）和持续脉冲等部分。图 11 和图 12 是它们各个部分的波形，对于这些波形，一定要仔细地分析，否则解码就无从入手了。

NEC 格式的红外遥控码的主要特征

以两个脉冲之间的间隔时间长短来区分各种不同的遥控指令的信息含义。

(1) 引导码：前高 (9ms) + 后低(4.5ms) = 13.5ms。

(2) 信息码：信息码包括客户编码和数据码，它们都是以两个脉冲上升沿之间的间隔长短为“0bit”或者“1bit”的识别特征的：

①两个脉冲上升沿之间的间隔 =1.125ms：数据 bit=0；

②两个脉冲上升沿之间的间隔 =2.25ms：数据 bit=1。

(3) 持续码：当按键一直按下时，遥控指令在发送了第一组信息码后，就不再重复发送信息码，这时改为发送一种持续码：

“前高 (9ms)”+“后低(2.25ms)” = 11.25ms

抓住了这三个主要特征，我们就可以利用 16F873A 单片机的 CCP (Capture/Compare/PWM，捕捉／比较／脉宽调制）模块的“时间捕捉”来实现脉冲间隔的捕捉。

每个16F873A的CCP模块有一个16位的捕捉寄存器：CCPRxH/CCPRxL 和一个 CCPxCON 控制寄存器，可以设定CCPxCON为对应于CCP引脚上每一个上升沿到来就产生一次捕捉中断，这时候单片机内部的定时器 TIMER1 的计数值就自动赋给捕捉寄存器 CCPRxH/

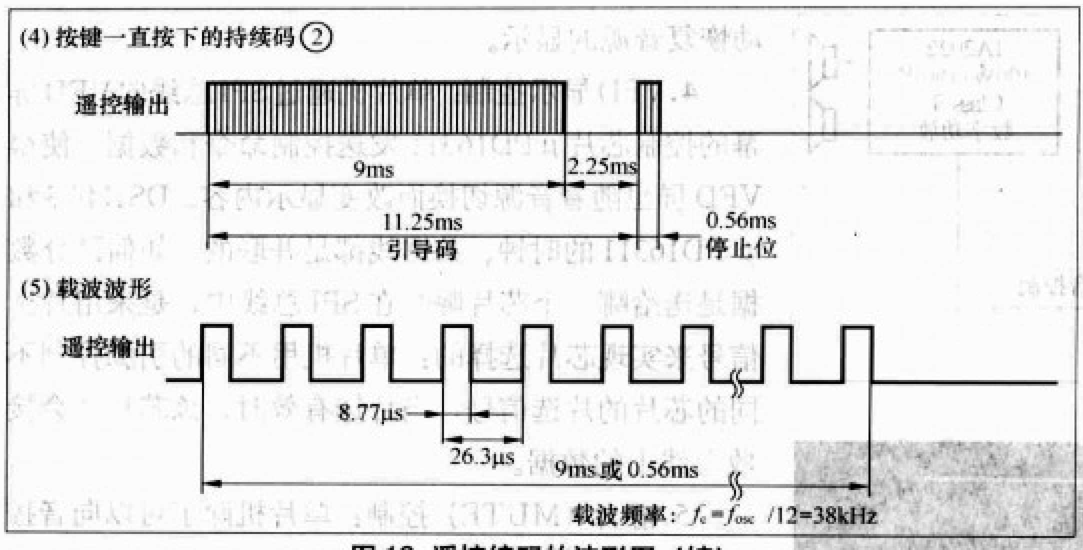


图12 遥控编码的波形图（续）

当某个键一直按下时，指令数据在发送了一次后将不会接着发射，数据流只传送引导码和停止位，这样可以节省红外发射的功耗（见图12中(4)的部分波形）

CCPRxL，第N+1次捕捉寄存器的值减去第N次的捕捉寄存器的值，就是这两次上升沿之间的间隔时间。利用CCP的时间捕捉功能，我们就可以把遥控码的信息解调出来了。

解码算法

第一步，通过标志位变量FLG2，FIRST以及一个复位计时器完成接收准备。当遥控脉冲串停止150ms后，复位计时器减数为0，复位FLG2，FIRST，这样就可以在下一个遥控指令到来时，把遥控码的第一个上升沿识别出来。

1-1：每次遥控接收头来的上升脉冲产生一次CCP中断，中断服务子程序检测是否第一个脉冲上升沿（FLG2，FIRST为低）？

1-2：不是，跳去2-1做宽度判别；是第一个脉冲上升沿，清TIMER1定时器、清CCP寄存器、清上次时间暂存变量，打开TIMER1为捕捉做准备。

第二步，识别引导码

2-1：读出CCP寄存器捕捉到的时间值，减去上一次的时间值，判断标志变量FLG2，DATA_EN数据接收是否开始？

2-2：已经开始，转3-1判断是数据“0”还是数据“1”的判断；没有开始，比较捕捉到的时间是否大于11.25ms?

2-3：若不大于，说明是持续脉冲，转5-1持续脉冲处理；若大于，说明是引导码，设数据接收开始标志位FLG2，DATA_EN为高，准备接收数据。

第三步，是数据“0”还是数据“1”的判断

3-1：捕捉到的时间值是否大于1.125ms?

3-2：大于，设标志位变量FLG2，C_STATS为高；不大于，设为低(把判断结果带到后面的处理)；

3-3：判断是否接收完客户码1（8个bit）？

3-4：是，存入客户码1，转3-5；不是，继续接收；

3-5：是否接收完客户码2（8个bit）？

3-6：是，存入客户码2，转3-7；不是，继续接收；

3-7：是否接收完数据原码（8个bit）？

3-8：是，存入数据原码，转3-9；不是，继续接收；

3-9：是否接收完数据反码（8个bit）？

3-10：是，存入数据反码，转4-1；不是，继续接收；

第四步，比较客户码是否有效（客户码是客户设定的常量）

4-1：客户码1=设定值吗?

4-2：等于，转4-3；不等于设定值，接收无效退出（不是我的遥控器！）；

4-3：客户码2=设定值吗?

4-4：等于，转4-5；不等于设定值，接收无效退出（两个客户码不相等，有误码）；

4-5：遥控数据比较：原码异或(XOR)反码=0FFH ？（数据是否相等）；

4-6：是，数据有效，遥控码成功解出；不是，数据无效退出。

第五步，持续码处理

5-1：持续脉冲是否连续3次？（这是调整持续按键动作的间隔用的，例如调整音量持续改变的快慢）；

5-2：是，转5-3；不是，退出；

5-3：是否不能持续操作的遥控码？（如电源开关、静音等是不能持续操作的）；

5-4：不是，转5-5；是，不做持续处理，退出；

5-5：从备份寄存器恢复有效接收码，退出。

5-6：若持续脉冲还在发送，继续5-1。

算法完成。

【小结】：看似很复杂的NEC码流，其实我们只需要抓住是“持续脉冲”还是“引导码”；是数据“0”还是数据“1”这两个关键的判断点，就可以轻松解调出遥控信息了。

NEC格式遥控编码例程请见本期《无线电》光盘“音响应用四配合程序”。

应用五、单片机控制的数字功放

下面给出一个完整的100W+100W 数字功放的单片机控制实例。电路框图见图13，外形图见图14。

本机的末级功放采用了美国Tripath公司的TA2022 Class T数字功放模块。T类功率放大器的功率输出电路和脉宽调制D类功放相同，功率晶体管也是工作在开关状态，效率和D类功放相当。它和D类功放不同的是，它不是使用脉冲调宽的方法。Tripath公司发明了一种称作“Digital

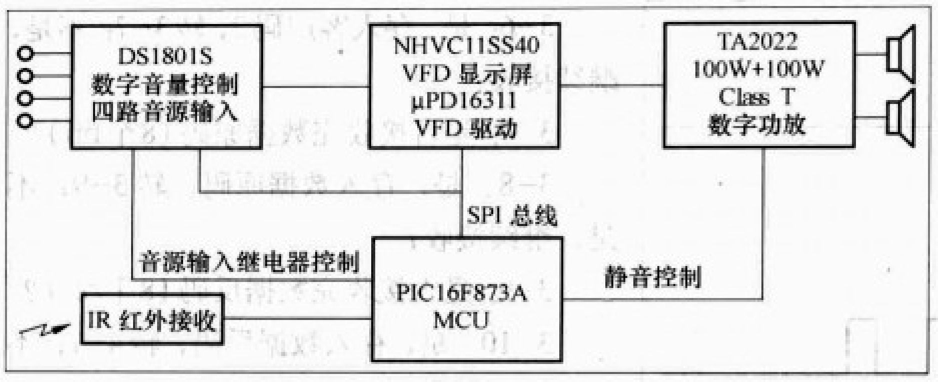


图 13

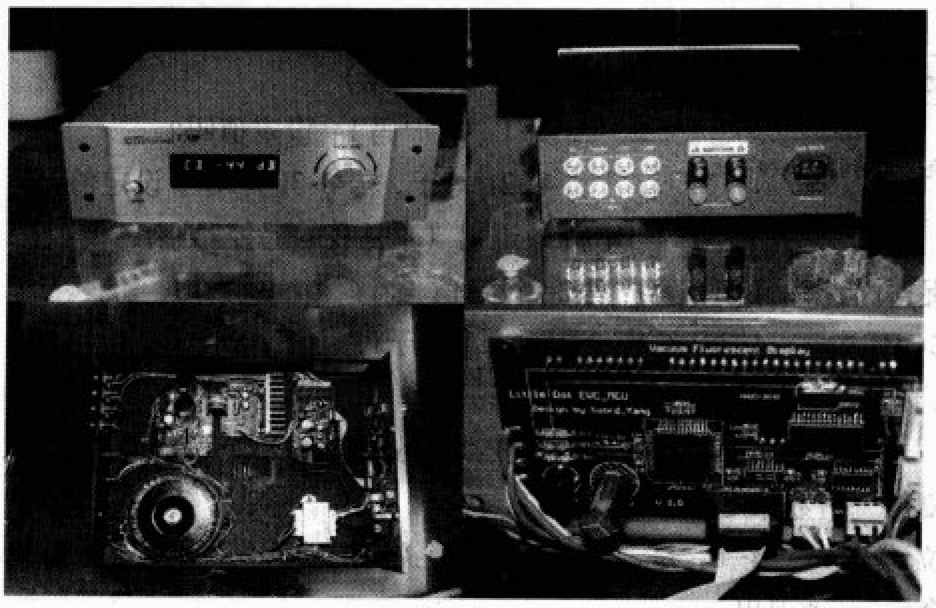


图 14

Power Processing (tm) (DPP(tm))”的数字功率处理技术，它是T类功放的核心。它把通信技术中处理小信号的适应算法及预测算法用到这里。输入的音频信号和进入扬声器的电流经过DPP(tm)数字处理后用于控制功率晶体管的导通关闭，因而不存在脉宽调制D类功放的那些缺陷。

本机的单片机有以下的控制功能

1.上电时先显示本机logo，3s后自动切换到上次关机前保存的数值。数据调用是通过存储在16F873A芯片内部的EEPROM非易失性数据存储器的数据来实现的。EEPROM中存储了上一次使用的相关数据，如音源、音量大小等。调用时单片机会检查音量数值，如果大于软件规定的某一数值，还会自动限制音量，以避免开机时大音量的冲击。

2.4路音源输入切换：由面板上旋转编码器内部附加的一个按钮开关控制（旋转时就是调节音量，按压时就是选择音源）。单片机根据按钮的顺序，分别选通四个双刀继电器中的一个，达到音源切换的目的。

3.电子音量控制：单片机通过SPI总线控制DS1801S芯片来实现音量大小和静音（MUTE）控制。本机采用的是目前流行的衰减式控制：即音量最大是无衰减（0dB），音量最小是 −64dB。屏幕平时显示的是音源和音量信息，当调节音量时，音源会切换到“VOLUME”的显示，数据随着旋转编码器的调节而改变，当停止调节约3s后，屏幕自动恢复音源的显示。

4.VFD显示控制：单片机通过SPI总线向VFD屏幕的控制芯片μPD16311发送控制命令和数据，使得VFD屏也随着音源切换而改变显示内容。DS1801S和μPD16311的时钟、数据线都是并联的，如何区分数据是送给哪一个芯片呢？在SPI总线中，是采用片选信号来实现芯片选择的：单片机用不同的引脚控制不同的芯片的片选信号，当片选有效时，该芯片才会接收总线上的数据。

5.静音（MUTE）控制：单片机除了可以向音控芯片DS1801发送静音（MUTE）信号外，还可以直接控制TA2022的静音端口，使末级功放模块也处于静音状态。

6.红外遥控解码：单片机的CCP捕捉引脚接到一个集成的微型红外接收模块的输出端上，通过遥控脉冲的上升沿引发的CCP中断来解调NEC模式的红外遥控码。

本机电路中RY1～RY4分别是四个音源选择继电器，RY5是遥控关机的电源控制继电器，板上还预留了RY6、RY7两个继电器的控制端口，以便将来作为电子管机的高、低压延时开机控制用。

末级功放板采用一个功率为250VA的环形变压器提供供电，共有两个绕组：

第一组：−25V/+25V，整流后经两只10000μF/50V电解电容滤波，输出+/−32V，给功放主板TA2022供电；

第二组：−8V，整流稳压成为+5V给功放主板的TA2022作为辅助电源供电。

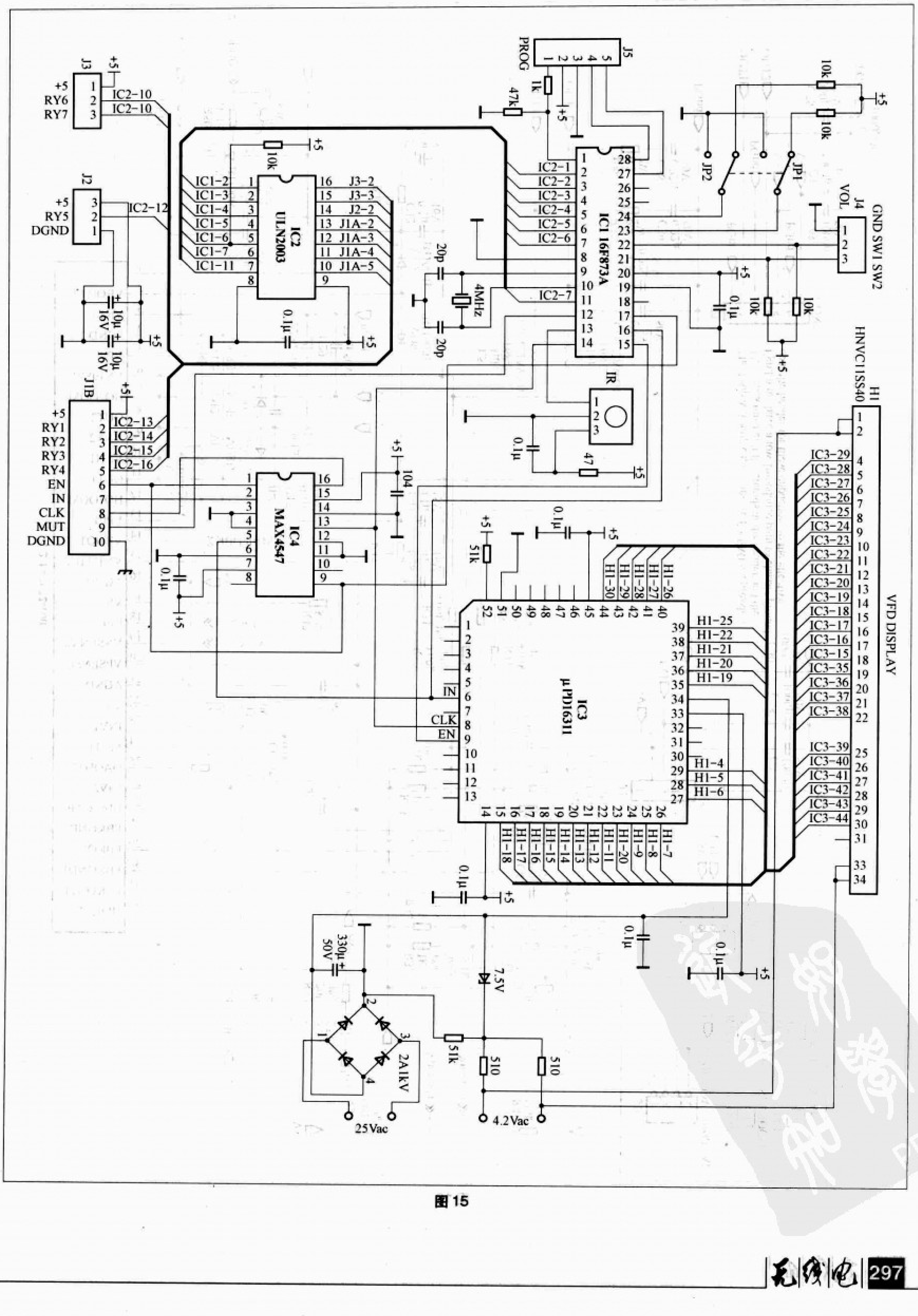
前级音控/显示板用一个10VA的小变压器供电，这个小变压器有三个绕组：

第一组：−18V/+18V，稳压成为+/−15V后给音控板的运放OP275供电，再经过二次稳压输出+5V给音控芯片、单片机供电；

第二组：−4.1V是给VFD显示器的灯丝供电；

第三组：−25V，经全桥整流滤波后得到−31V给μPD16311的V_{EE}供电，这也是VFD所需要的负电压，这路电压还经过一个7.5V稳压二极管稳压，作为VFD的偏置电压。

本机还用了一个驱动芯片ULN2003作为继电器驱动，在SPI总线上还有一个模拟开关MAX4547用作总线隔离，以杜绝总线刷新VFD显示时对音控芯片的脉冲干扰。在电源板上还有一个由μPC1237HA组成的扬声器保护电路，一旦输出的直流分量超过0.6V，保护继电器J2R−2A将切断扬声器通路。


J3
+5
RY6
RY7
IC2-10
J2
RY5
DGND
IC2-12
J1B
RY1
RY2
RY3
RY4
EN
IN
CLK
MUT
IC2-13
IC2-14
IC2-15
IC2-16
IC2
ULN2003
IC1-2
IC1-3
IC1-4
IC1-5
IC1-6
IC1-7
IC1-11
J3-2
J3-3
J2-2
J1A-2
J1A-3
J1A-4
J1A-5
10k
0.1μ
10μ 16V
20p
4MHz
J5
PROG
1k
47k
IC1 16F873A
IC2-1
IC2-2
IC2-3
IC2-4
IC2-5
IC2-6
IC2-7
JP1
JP2
J4
VOL
GND SW1 SW2
IR
47
IC4
MAX4547
104
51k
IC3
μPD16311
H1
HNVC11SS40
VFD DISPLAY
330μ 50V
2A1kV
25Vac
7.5V
510
4.2Vac
图15

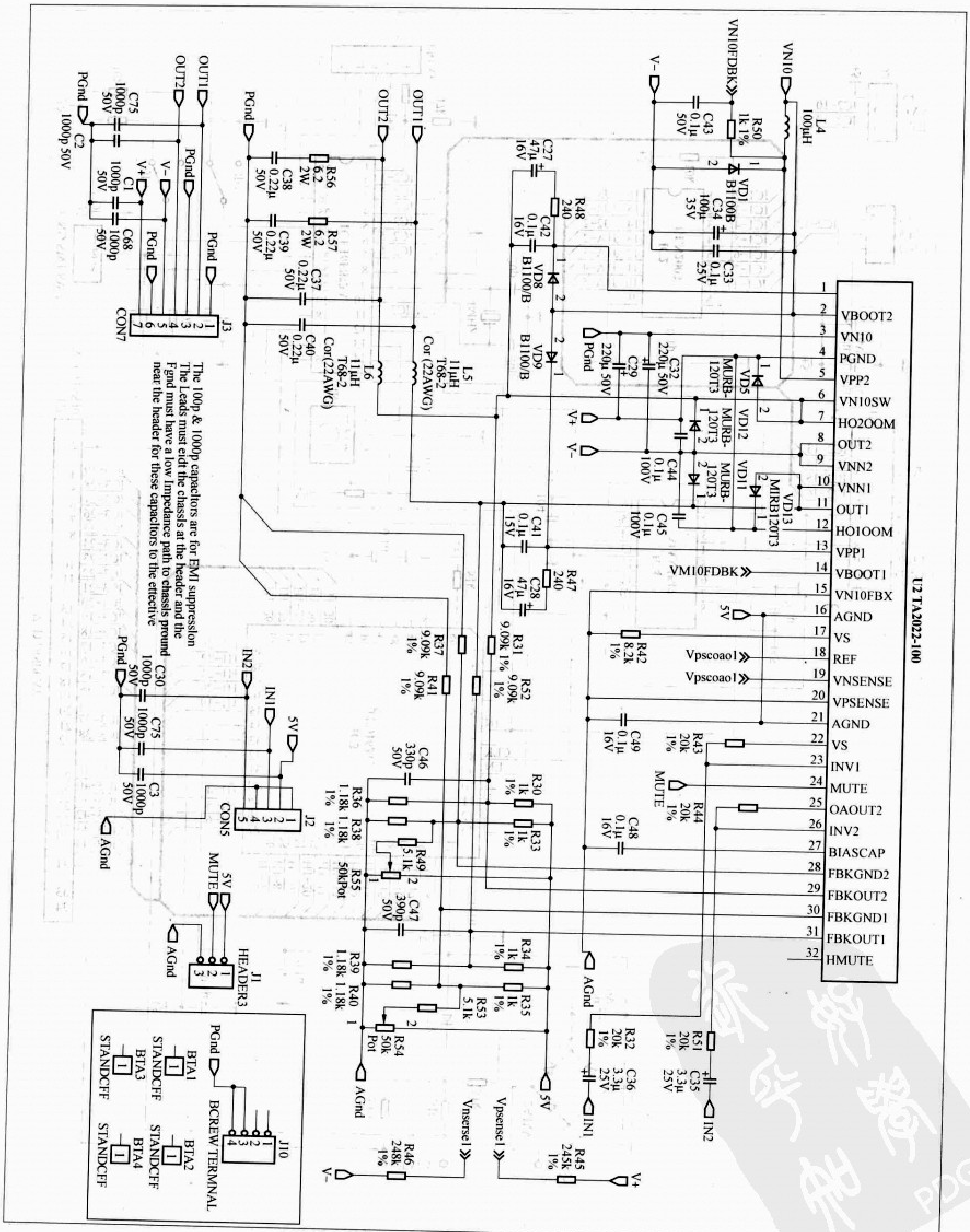

U2 TA2022-100
VBOOT2
VN10
PGND
VPP2
VN10SW
HO2OOM
OUT2
VNN2
VNN1
OUT1
HO1OOM
VPP1
VBOOT1
VN10FBX
AGND
VS
REF
VNSENSE
VPSENSE
AGND
VS
INV1
MUTE
OAOUT2
INV2
BIASCAP
FBKGND2
FBKOUT2
FBKGND1
FBKOUT1
HMUTE
VN10
L4 100μH
VN10FDBK
R50 1k 1%
V−
C43 0.1μ 50V
VD1 B1100B
C34 100μ 35V
C33 0.1μ 25V
C27 47μ 16V
R48 240
C42 0.1μ 16V
VD8 B1100/B
VD9 B1100/B
C29 220μ 50V
C32 220μ 50V
VD5 MURB-120T3
VD12 MURB-120T3
VD11 MURB-120T3
VD13 MIRB120T3
C44 0.1μ 100V
C45 0.1μ 100V
C41 0.1μ 15V
R47 240
C28 47μ 16V
VM10FDBK
Vpscoao1
Vpscoao1
R42 8.2k 1%
C49 0.1μ 16V
R43 20k 1%
R44 20k 1%
C48 0.1μ 16V
L5 11μH T68-2 Cor (22AWG)
L6 11μH T68-2 Cor(22AWG)
R56 6.2 2W
R57 6.2 2W
C38 0.22μ 50V
C39 0.22μ 50V
C37 0.22μ 50V
C40 0.22μ 50V
OUT1
OUT2
PGnd
C75 1000p 50V
C2 1000p 50V
C1 1000p 50V
C68 1000p 50V
J3 CON7
The 100p & 1000p capacitors are for EMI suppression
The Leads must eidt the chassis at the header and the
Fgnd must have a low Impedance path to chassis pround
near the header for these capacitors to the effective
R37 9.09k 1%
R41 9.09k 1%
R31 9.09k 1%
R52 9.09k 1%
C46 330p 50V
R30 1k 1%
R33 1k 1%
R36 1.18k 1%
R38 1.18k 1%
R49 5.1k
R55 50kPot
C47 390p 50V
R34 1k 1%
R35 1k 1%
R39 1.18k 1%
R40 1.18k 1%
R53 5.1k
R54 50k Pot
IN2
IN1
5V
C30 1000p 50V
C75 1000p 50V
C3 1000p 50V
J2 CON5
AGnd
MUTE
J1 HEADER3
R32 20k 1%
C36 3.3μ 25V
R51 20k 1%
C35 3.3μ 25V
Vpsense1
Vnserse1
R45 245k 1%
R46 248k 1%
V+
J10 BCREW TERMINAL
BTA1 STANDCFF
BTA2 STANDCFF
BTA3 STANDCFF
BTA4 STANDCFF

图 16

本机的PCB设计成为功能模块积木式的结构，是为了能够灵活搭建不同的功放系统：可以在前级插入一块用两只电子管EF91构成的胆前级板；也可以用把TA2022接成BTL电路，用两块功放板来组成200W+200W的数字功放（当然电源部分也要扩容）。

本机的电路原理图见图15～图18，本机控制的汇编源程序请参见本期配刊光盘中"附录5：F-100.ASM"。

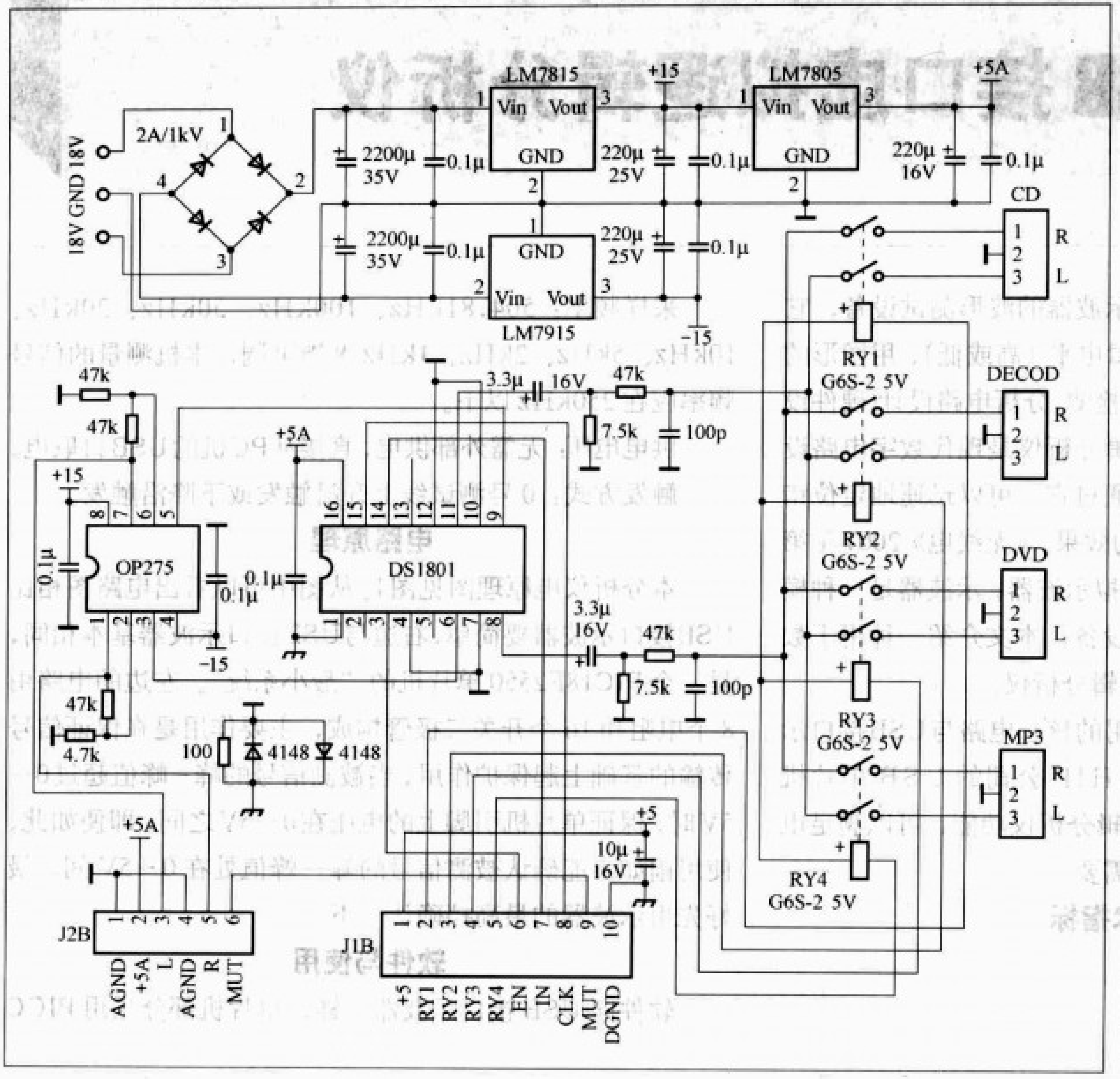


图17

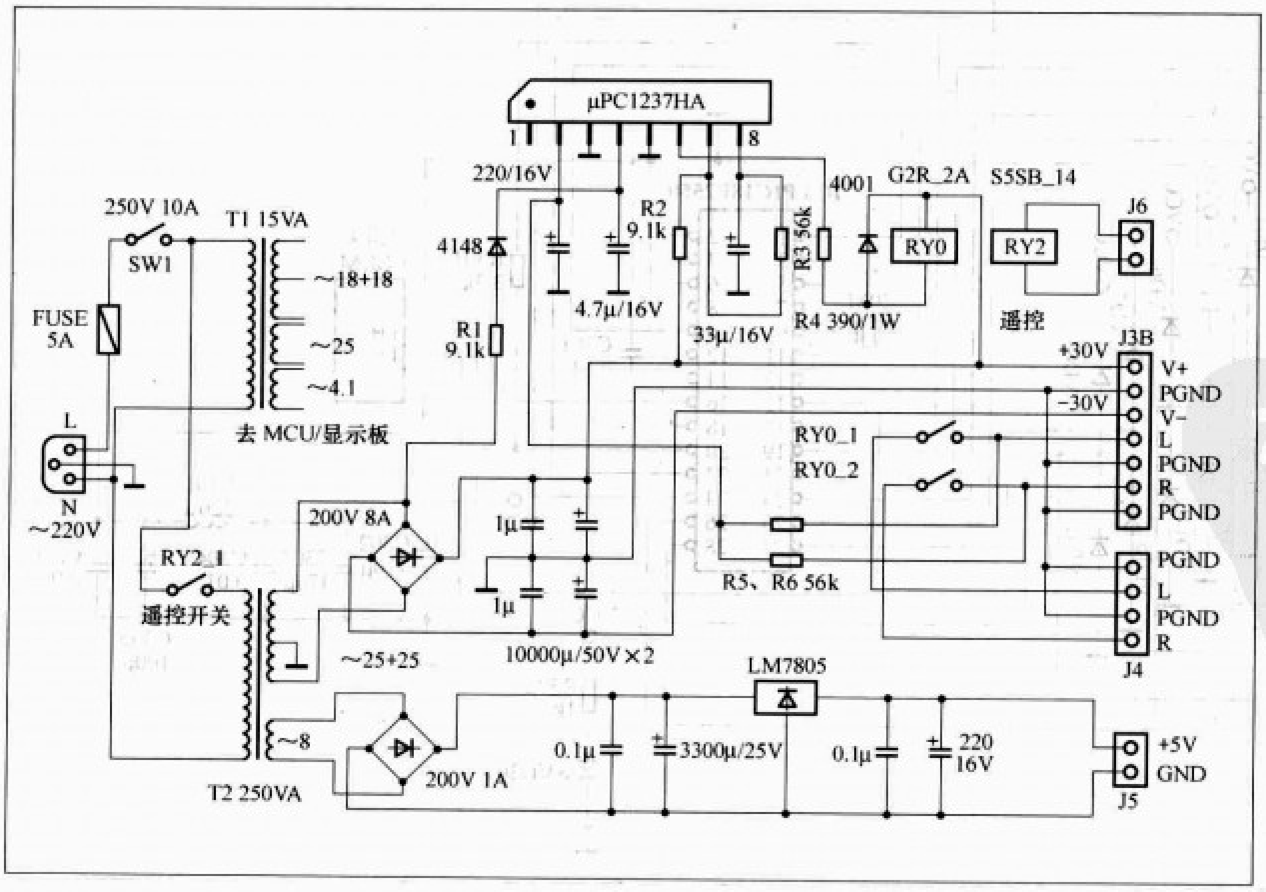


图18

第3期专题预告

今年的第一期杂志为读者们介绍了什么是业余无线电通信，杂志社收到了不少读者关于业余无线电活动的询问电话和邮件。今年3月的专题，编辑部为读者带来的是与中国无线电运动协会2008年会刊合作的第一期《业余无线电家》，希望大家能进一步了解业余无线电活动的内容和发展，关注技术不断更新的业余无线电爱好。在这期专题上，您将了解到以下内容：

热门机型IC－91A／91AD的使用报告

业余通信的新制式D－STAR功能解读

制作一个能通联8000km的0.5W"硅鸣"收发信机

如何选购二手频率计

新手上路之HAM操作指南

自制天线转向器

聚焦各地HAM活动

……

另外，第3期专题中还有面向HAM的神秘大奖等您来拿！更多精彩内容，尽在2008年第3期专题——业余无线电家，欢迎关注！

虚拟仪器DIY

USB接口虚拟逻辑分析仪

文/孙红生　崔德强

逻辑分析仪是一种类似于示波器的波形测试设备，它可以监测硬件电路工作时的逻辑电平（高或低），用图形的方式直观地表达出来，便于用户检测，分析电路设计(硬件设计和软件设计）中的错误，逻辑分析仪是现代数字电路设计、调试中不可缺少的设备，通过它，可以迅速地定位错误，解决问题，达到事半功倍的效果。《无线电》2007年第10期介绍了一种USB接口的虚拟示波器，示波器是一种模拟电路调试中不可或缺的仪器设备，本文介绍一种用于数字电路调试的USB接口虚拟逻辑分析仪。

这里介绍的逻辑分析仪采用的核心电路与USB接口示波器相同，均基于MICROCHIP公司的USB单片机PIC18F2550，实现了基本的逻辑分析仪功能，可以满足电子爱好者初级数字电路调试的需要。

主要技术指标

采样通道数：8

采样深度：768

采样频率：504.81kHz、100kHz、50kHz、20kHz、10kHz、5kHz、2kHz、1kHz 8挡可调，本机测量的信号频率应在250kHz以下。

供电电压：无需外部供电，直接从PC机的USB口取电。

触发方式：0号测试线上升沿触发或下降沿触发。

电路原理

本分析仪电原理图见图1。从图中可以看出电路图相比USB接口示波器要简单，右边与USB接口示波器基本相同，是一个PIC18F2550单片机的“最小系统”。左边的电路由8个电阻和16个开关二极管构成，主要作用是在保证信号传输的基础上起保护作用。当被测信号的峰－峰值超过0～5V时，保证单片机引脚上的电压在0～5V之间，即便如此，使用前如不能确认被测信号的峰－峰值处在0～5V间，最好先用示波器的最高挡确认一下。

软件与使用

软件同USB接口示波器一样，单片机部分采用PICC

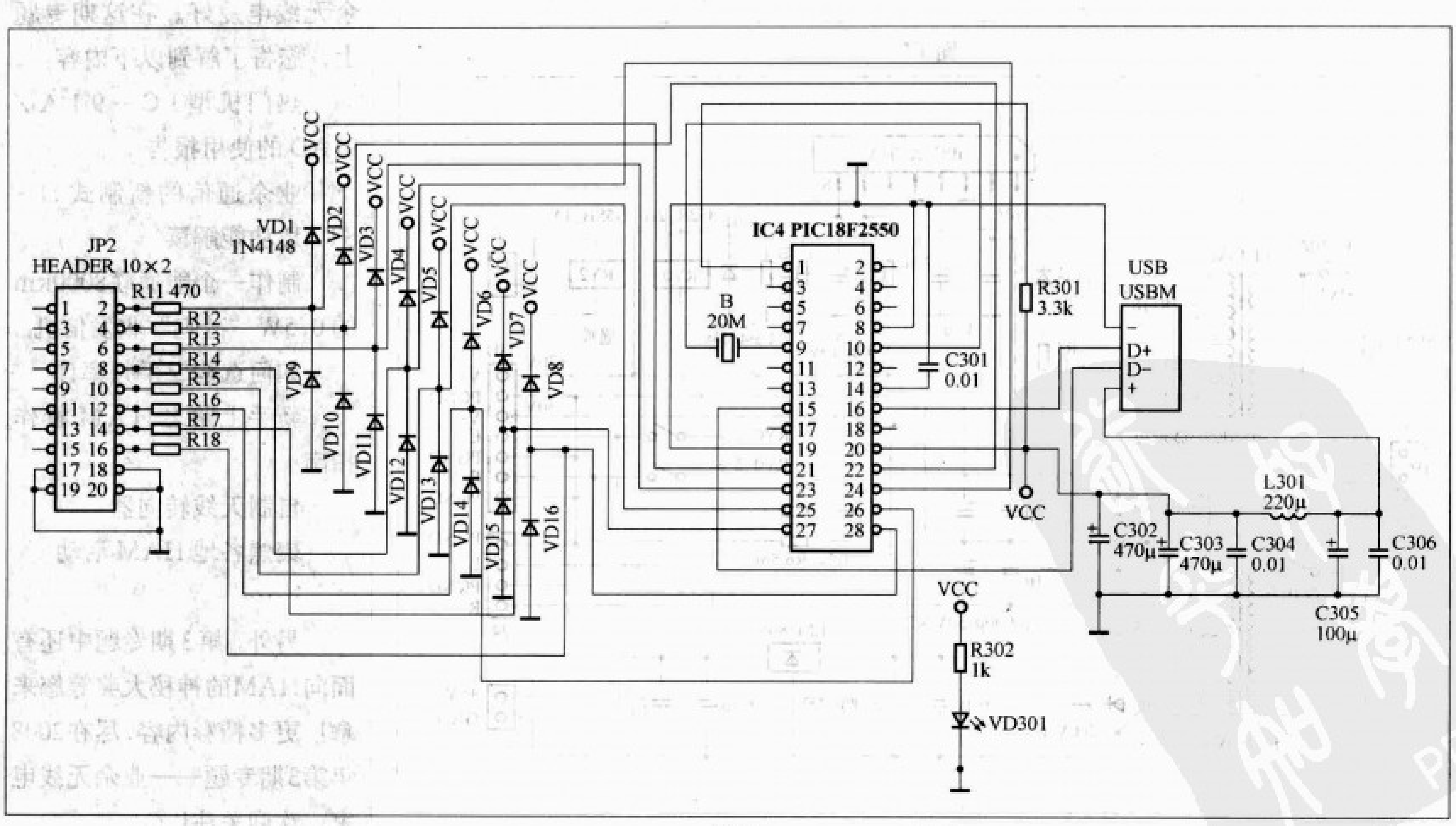


图1

编写，计算机部分采用VC6.0编写，两者之间基于HID协议进行通信。计算机方面无需任何驱动程序，唯一不同是示波器采集的AD端口的信号，而逻辑分析仪采集的PORTB端口的信号，单片机程序的烧写映像文件usblogicanalyzer.hex及PC机的可执行程序文件usblogicanalyzer.exe在本期配刊光盘中提供。

本逻辑分析仪的触发功能建立在0号测试探头上，使用时可以选择无触发、上升沿触发和下降沿触发。在波形显示画面上按下鼠标左键并拖动可以测量各路信号的频率和周期。采样周期可以有8种选择：最快、10μs、20μs、50μs、100μs、200μs、500μs、1000μs；同时提供了5挡波形展宽选择：×1、×2、×5、×10、×20。计算机部分软件运行情况见图2，操作与示波器类同，读者可以参考示波器的使用，摸索一下，很快就会上手。软件在windows2000、windows2003和windows XP下测试通过。

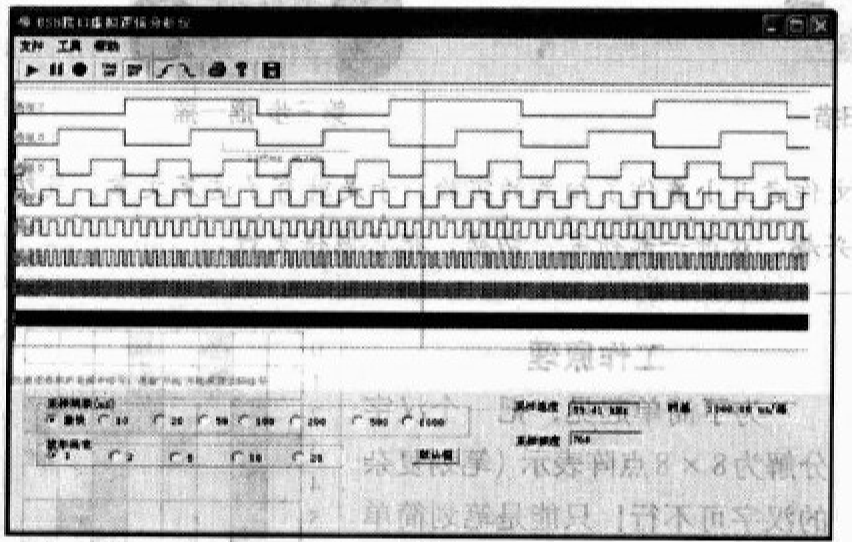


图2

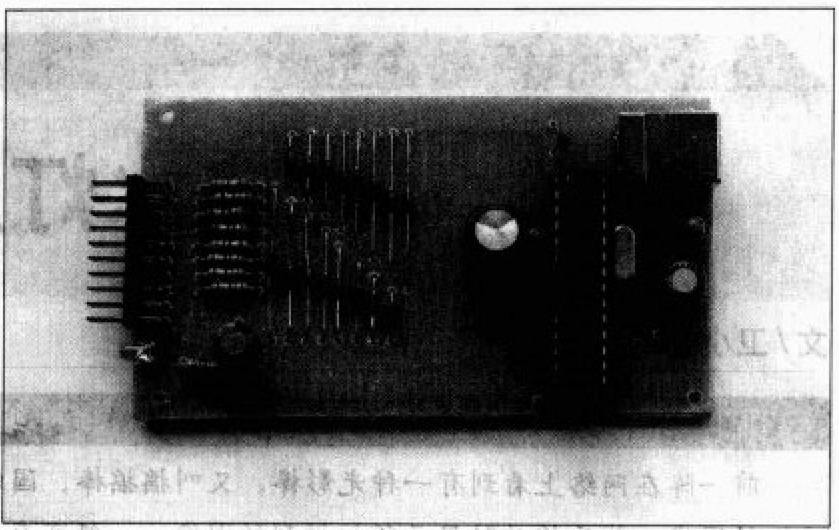


图3

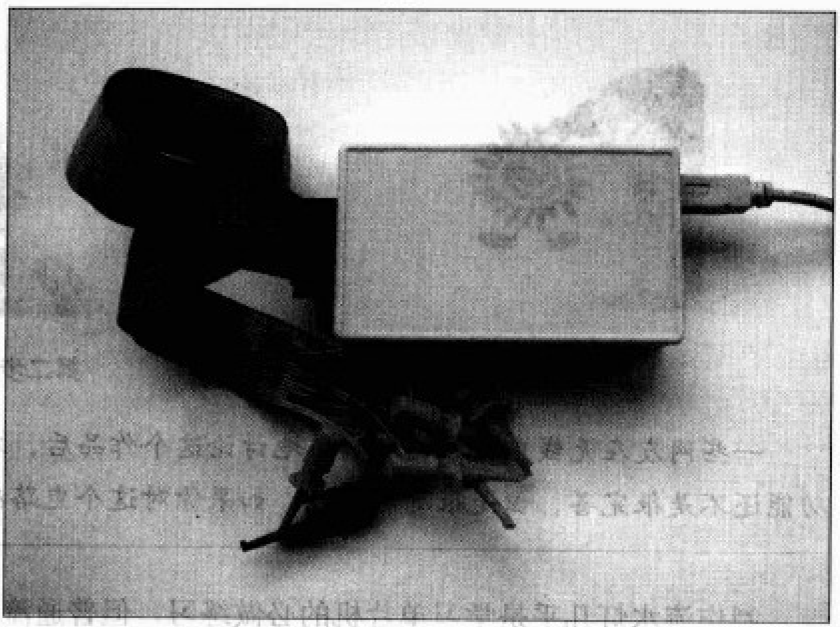


图4

制作与调试

本机的安装调试过程可参考USB接口示波器，同USB接口示波器一样要使布线尽量短，以减少不必要的干扰。有的读者在制作USB接口示波器时反映由于布线不合理，导致时钟信号对D+，D−干扰太大，以致安装完成后，插入PC机，PC机不能正确识别这一USB设备的问题。图3和图4分别为在单面板上安装完成的照片和装入与USB接口示波器相同外壳内的照片，其中的测试插座使用了一种双排弯针作为引出线，测试笔使用了一种市面上常见的测试钩，读者可以根据自己的需要，选择不同的测试笔，两者使用扁平电缆进行联结，

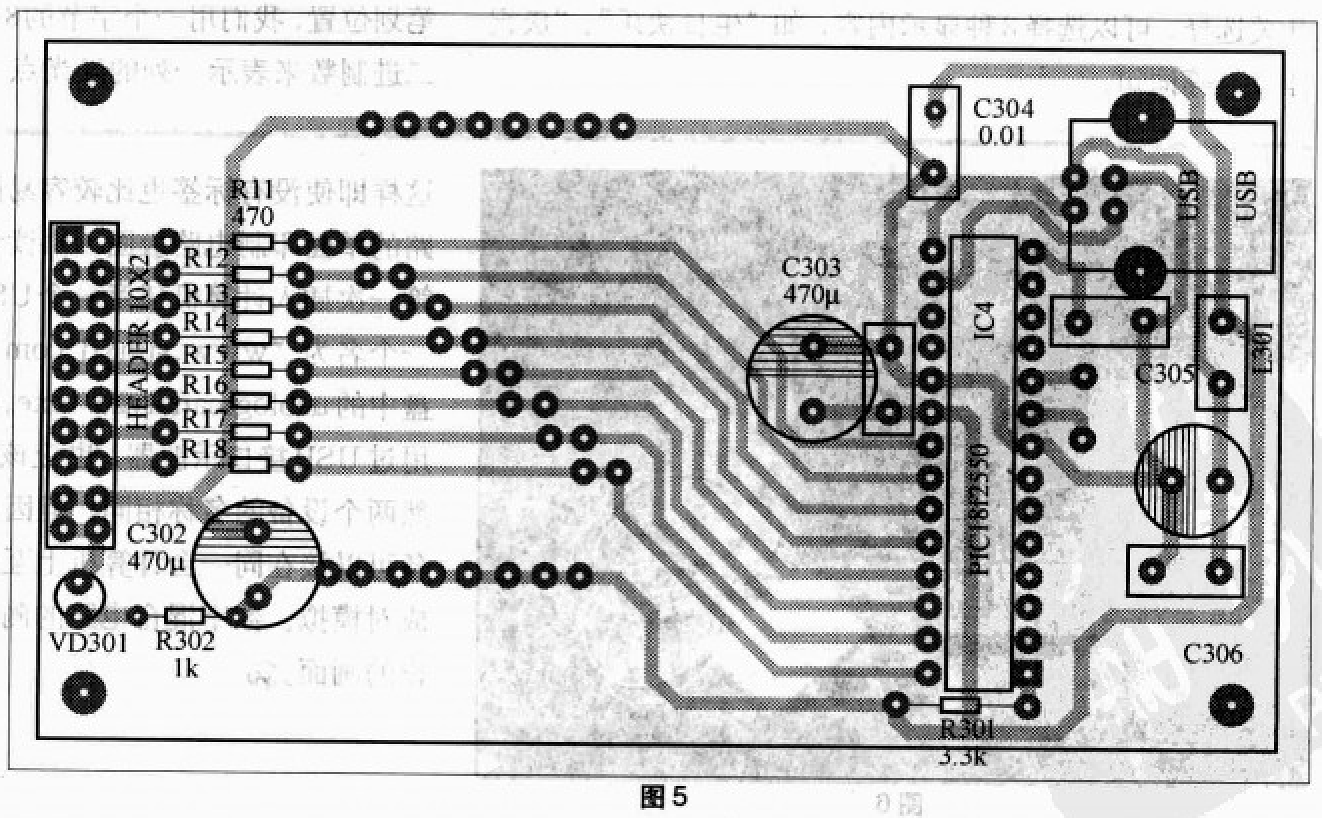


图5

让流水灯显示汉字

文 / 卫小鲁

编者按

前一阵在网络上看到有一种光影棒，又叫摇摇棒，国外叫 Lightalk，是一种玩具，由多只LED排列成一列，可以扫描手绘的图案，然后摇动时显示所扫描到的图像，一般可存4到8张扫描图，32个LED，3V工作电压。使用过程如下：

第一步 画一张图

第二步 扫描

第三步 摇一摇

一些网友在无线电技术论坛热烈地讨论这个作品后，本文作者卫小鲁作了相关的实验，于是就有了这篇文章，虽然功能还不是很完善，但是很有启发性，如果你对这个电路感兴趣，欢迎一起研究、切磋，把它做得更好。

制作流水灯几乎是学习单片机的必做练习，但普通流水灯能显示的花样较少，本文介绍笔者自制的一种功能更强大的动态流水灯，它不只是简单地顺序“流水”发光，还能让排成一列的8个LED在不同时刻显示不同的8位二进制数，当这些LED沿着与排列方向相垂直的方向运动时，我们就会看到“你好欢迎”等等字迹显现出来。通过3位拨码开关选择，可以选择8种显示内容，如“生日快乐”、“庆祝佳节”等词句。

工作原理

为了简单起见，把一个汉字分解为8×8点阵表示（笔划复杂的汉字可不行！只能是笔划简单的），例如“你”字，用点阵表示如图1所示，每一列的发光点就是笔划位置，我们用一个字节的8位二进制数来表示一列的发光点（笔划点），顶部为最低位，

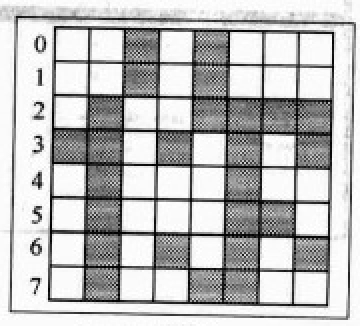


图1

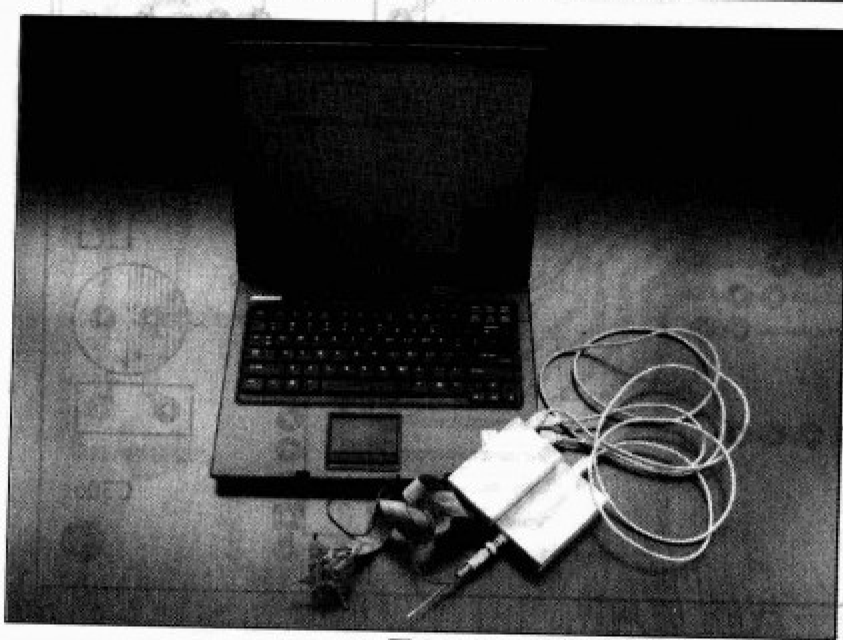


图6

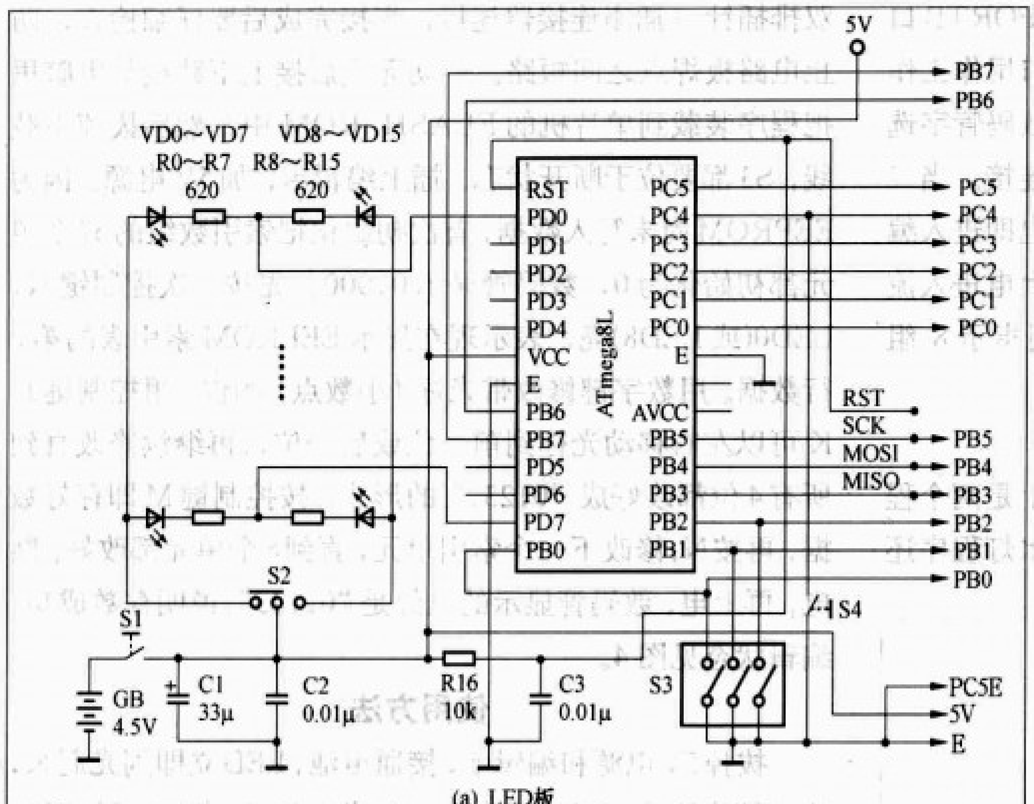
这样即使没有标签也比较容易区分测试线号。图5为本电路的单面印制电路板图，供读者自制时参考。安装完成后第一次插入计算机任意一个USB口，计算机应能提示找到一个名为“www.sunxd.com”的设备，运行本期附加光盘中的usblogicanalyzer.exe，即可开始使用。即使以前使用过USB接口示波器，也应该能找到这一名称的设备，虽然两个设备的名称相同，但因其设备码不同，所以两台设备可以接在同一台计算机上互不干扰地同时工作，协作完成对模拟、数字混合电路的测量。图6是两台设备同时工作的画面。

底部为最高位，“0”发光，“1”不发光。按照这样的规则，从左至右第1列到第8列可用8个二进制数表示为11110111、00000011、11111100、10110111、01111000、00000011、11011011、10110011，或者用16进制数表示即为F7、03、FC、B7、78、03、DB、B3。现在用单片机的口线控制竖向排成一列的8个LED，让它们按时间顺序显示这8个数，每个显示2ms，则LED列从左向右运动时，由于眼睛的视觉暂留效应，我们就会看见LED的运动轨迹构成的汉字显现出来。必须注意，当反方向运动时，为了不至于显示“镜像字”，就要按照相反顺序显示点阵代码。

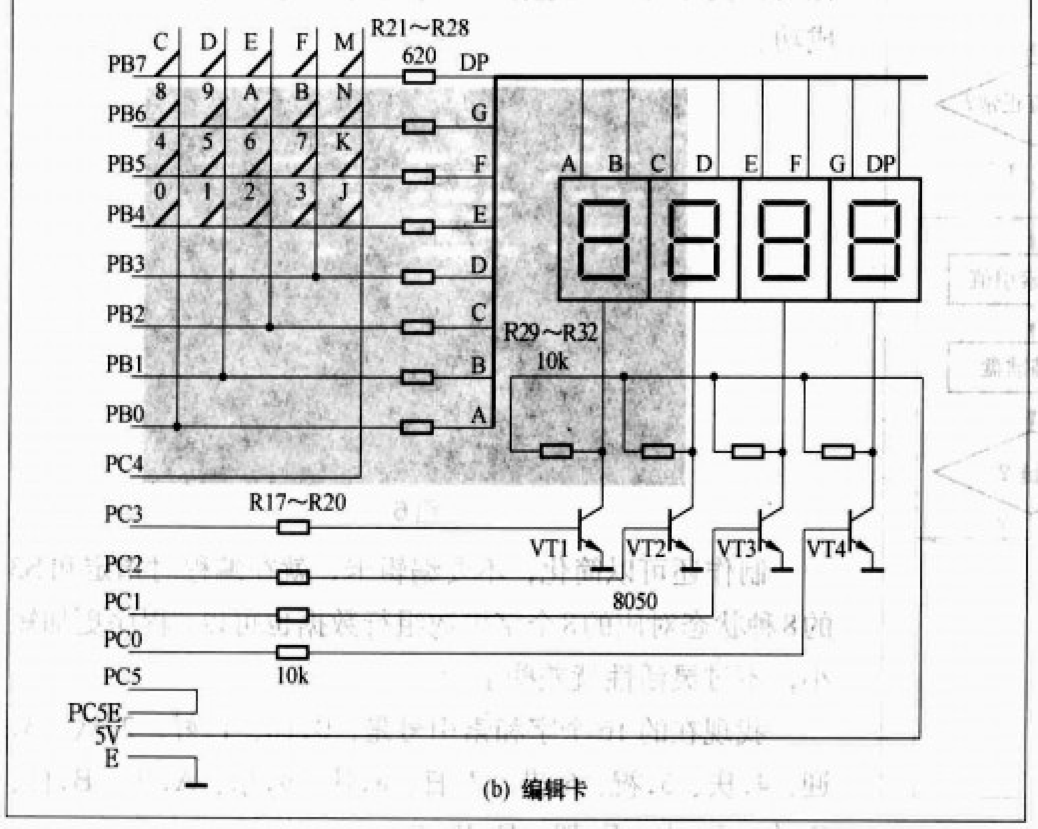
在AVR单片机的FLASH存储器中编制一个存储了16个简化汉字的微小“汉字库”，也就是放置了一个16行8列的二维字模数组，每行表示一个字，程序运行中按要求顺序进行查表—显示就可以了。为了选字的灵活性，在EEPROM中放置了一个8行4列的索引数组，它每行的4个元素就是要显示的4个字的字模数组的行号。用硬件拨码开关来确定索引数组的行号也就是不同的汉字组合。

硬件构成

电路分为LED板和编辑卡两部分，如图2所示，其核心是AVR单片机ATmega8L，之所以选用这个型号，一是因为它是低压片子，工作电压2.7V～5.5V，可以使用电池做电源；二是体积也小，口线足够，内带振荡器，可免除安装外接石英晶体和电容，还内置有可脱离上位机写入的EEPROM，正好符合需要；三是价格不高容易购买。两组LED中VD0～VD7为红色管，VD8～VD15为绿色管，均为高亮度的，采用共阳极接法，可用S2选择哪一组工作。S3为3位拨码开关，可以选择8种接通方式，和程序配合来显示哪一组字。S4为小型微动开关，用来控制显示顺序是从左往右还是从右往左。本来应该用水银开关之类可以随着运动自行改变接通状态的元件，因为一时找不到合适的，就使用了微动开关，这里用的是从旧鼠标里拆下的元件。RST、SCK、MISO、MOSI是单片机编程接口。电池为3节5号电池，装在成品带开关电池盒内，实测工作电流，绿管为9mA，红管为13mA。除了电池和S4以外的全部元件装在9.5cm × 3cm的万用板上。S4固定在电池盒子侧面，用螺丝把电路板和电池盒连接固定，组装好的实物外形见图3。编辑卡主要就是一个4位联体共阴极数码管和20个小按键构成的矩阵键盘，实物见图4。其中16个数字键用来确定字模数组的行号，4个功



(a) LED板



(b) 编辑卡

图2

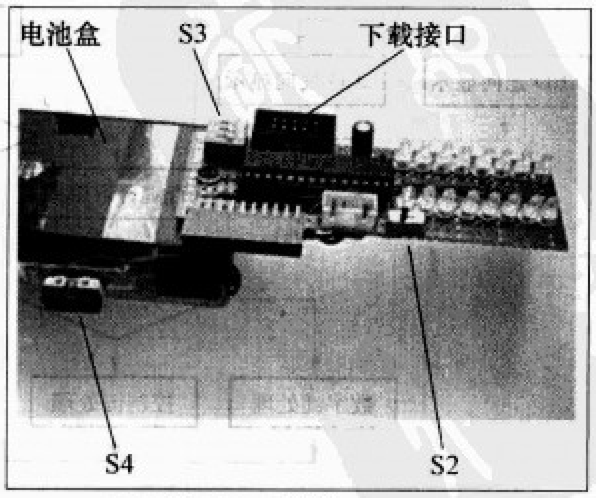


图3

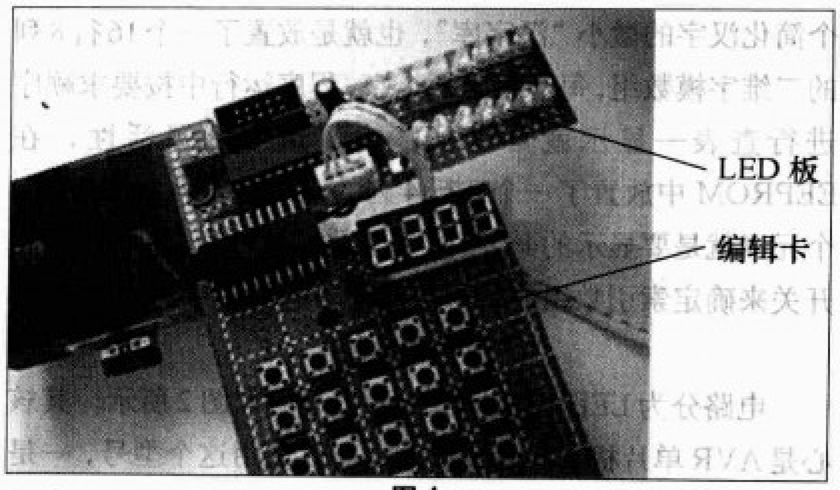


图4

能键控制光标的右移、左移(这里的光标就是数码管的小数点)、EEPROM数组行号下移、存入。单片机的PORTB口用作数码管字段输出和键盘矩阵扫描，PORTC口用作工作状态控制(PC5)、LED列的显示方向（PC4)、数码管字选(PC3~PC0)。LED板和编辑卡用20针连接器连接。当二者插好，单片机的PC5脚通过连接器接地，上电即进入编辑工作状态；二者分离，PC5内部上拉为高，上电进入流水灯状态。另外在编辑状态，8个LED分别指示8组EEPROM单元。

程序

软件部分用C进行编程，流程见图5，实际上是两个程序，开机时根据编辑卡是否插上判断是运行流水灯程序还是编辑程序。程序都比较简单，编程工具用的CVAVR，很方便，最后生成的HEX文件仅仅2.8KB。

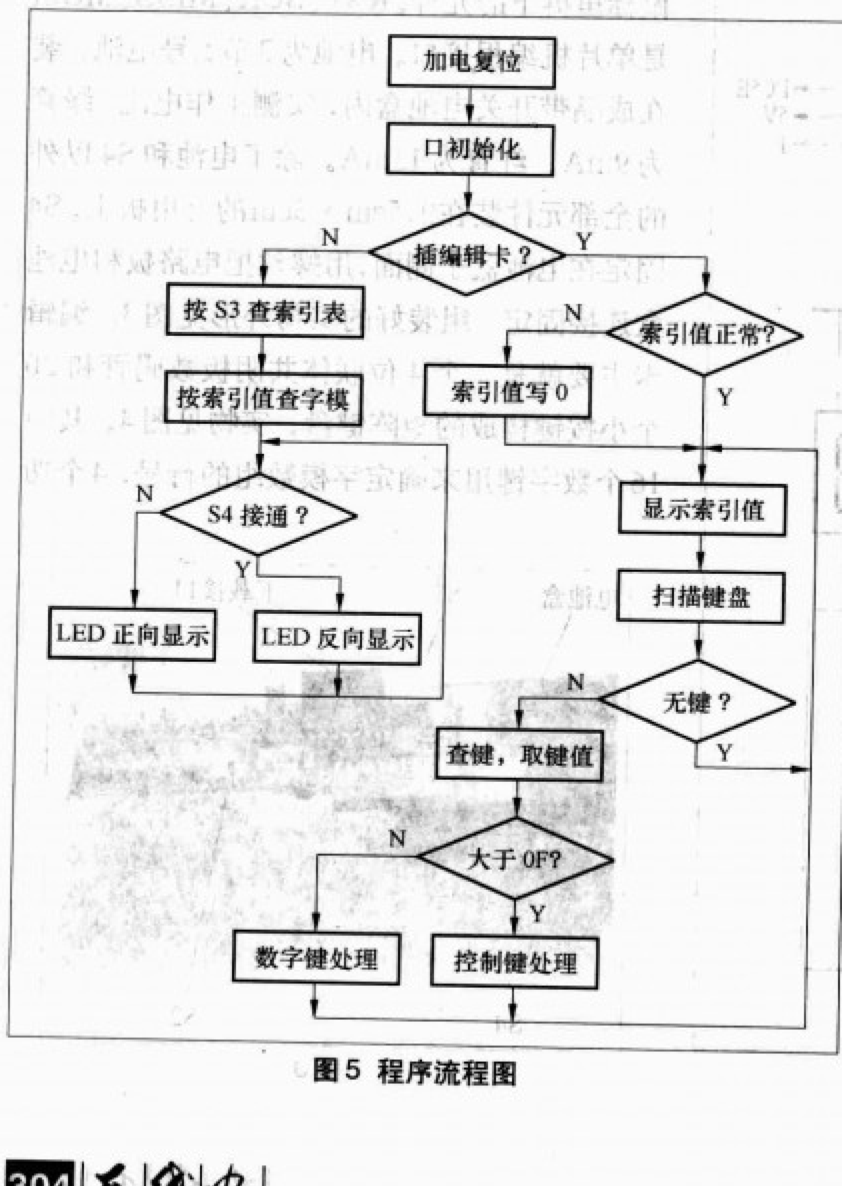


图5 程序流程图

制作要点

所需元器件可从电子市场买，也可以从淘宝、单片机专业网站等邮购。电路板是纸基万用板，这里使用了贴片电阻，普通电阻当然没有问题。使用万用板的关键诀窍是控制烙铁温度，固定元件时，温度应该高些，这样焊锡流动性好，避免相邻焊点粘连。用焊锡在相邻焊点搭接连线时，烙铁温度应该低些否则流动性太好了不容易连上。单片机的电源退耦电容C3装在集成块插座里面。4位数码管用联体的，大大减少接线工作量。LED板和编辑卡通过双排插针－插座连接器连接，焊接完成后要仔细检查，防止电路板焊点之间短路。一切无误后接上下载线从电脑里把程序装载到单片机的FLASH ROM中，然后拔掉下载线，S3都要位于断开状态。插上编辑卡，加5V电源。因为EEPROM尚未写入数据，首次初始化把索引数组的32个单元都初始化为0，数码管显示0.000。先按一次控制键N，LED0(或LED8)亮，表示现在显示EEPROM索引表的第0行数据。用数字键修改带光标（小数点）的位，用控制键J、K可以左右移动光标到前一位或后一位，再继续修改直到所有4位都改好成“0123.”的形式，按控制键M即存好数据，再按N，修改下一个索引单元，直到8个单元都改好。断电，再上电，数码管显示的已经是“0.123”，说明存数成功。编辑状态见图4。

使用方法

拔掉5V电源和编辑卡，接通电池，LED立即闪光起来，让它较快移动，“欢迎你好”等发光字就显示出来了见图6，成功。

图6

制作还可以简化，不要编辑卡，就在编程时指定和S3的8种状态对应的8个字模数组行数据也可以，程序更加短小，不过灵活性就差些了。

我现在的16个字和索引号是：0.你、1.好、2.欢、3.迎、4.庆、5.祝、6.节、7.日、8.快、9.乐、A.生、B.佳、C.大、D.吉、E.贺、F.利。

单片机简易温度计

文/赵 亮

单片机是一门实践性很强的技术，不仅需要掌握硬件电路设计，同时要求学习者掌握一门编程语言，如汇编或者C语言等，因此给广大初学者的学习带来了很大的难度。本文从实例出发，介绍了一个详细的项目开发实例，希望对初学者有所帮助。本文介绍了利用单片机测量温度的几种方法、DS18B20温度传感器芯片、单片机系统硬件电路设计、测温软件程序及流程图、实际制作与最后调试。通过本讲，你可以掌握51单片机I/O口模拟的1–wire总线时序、液晶LCD1602和DS18B20的使用。

工作原理

利用单片机测量温度有多种方法，一种是可以采用模拟传感器加模数转换器的方法，通过热敏电阻等模拟传感器，将外界的温度变化转换成对应的电压变化，之后再利用模数转换器，将电压值采集到单片机内部进行查表比较，最后得出当前的温度值。另外一种方法，也是现在比较流行的，就是采用数字温度传感器，通过单片机直接读取温度，模数转换的过程在芯片内部完成，单片机只需要将数据采集回来即可。众多的数字温度传感器中，以美信公司的DS18B20芯片应用最为广泛。用它测量温度，实验简单易懂、精度高、制作方便，对初学者理解原理有很大的帮助。

本电路原理图见图1，采用DS18B20作为温度传感器器件，采用字符型液晶模块LCD1602作为显示输出器件，人机界面接口方便。整体的电路比较简单，就是单片机的最小系统加上液晶和DS18B20模块。原理图中采用的是USB方口作为电源接口，实际制作的时候也可以直接留出电源接口即可。采用USB供电的好处是不用单独购买5V的稳压电源，直接利用电脑就可以供电，方便爱好者实际制作。

单片机采用的是STC89C51单片机，不需要编程器和下载线，直接通过串口就可以下载程序，开发方便！下载的电路就是RS232的通信电路。

温度传感器DS18B20简介

DS18B20是美国DALLAS公司（现已被美信公司收购）推出的单总线数字温度传感器，具有微型化、低功耗、高性能、抗干扰能力强、易匹配处理器等优点。处理器与DS18B20通信只需要一根数据线即可，同时该数据线还可以向挂接的DS18B20供电。DS18B20内部自带A /D转换器，通过内部的温度采集、A /D转换等一系列过程，将温度值以规定的格式转换为数据并输出，用户可以通过一些简单的算法将数据还原为温

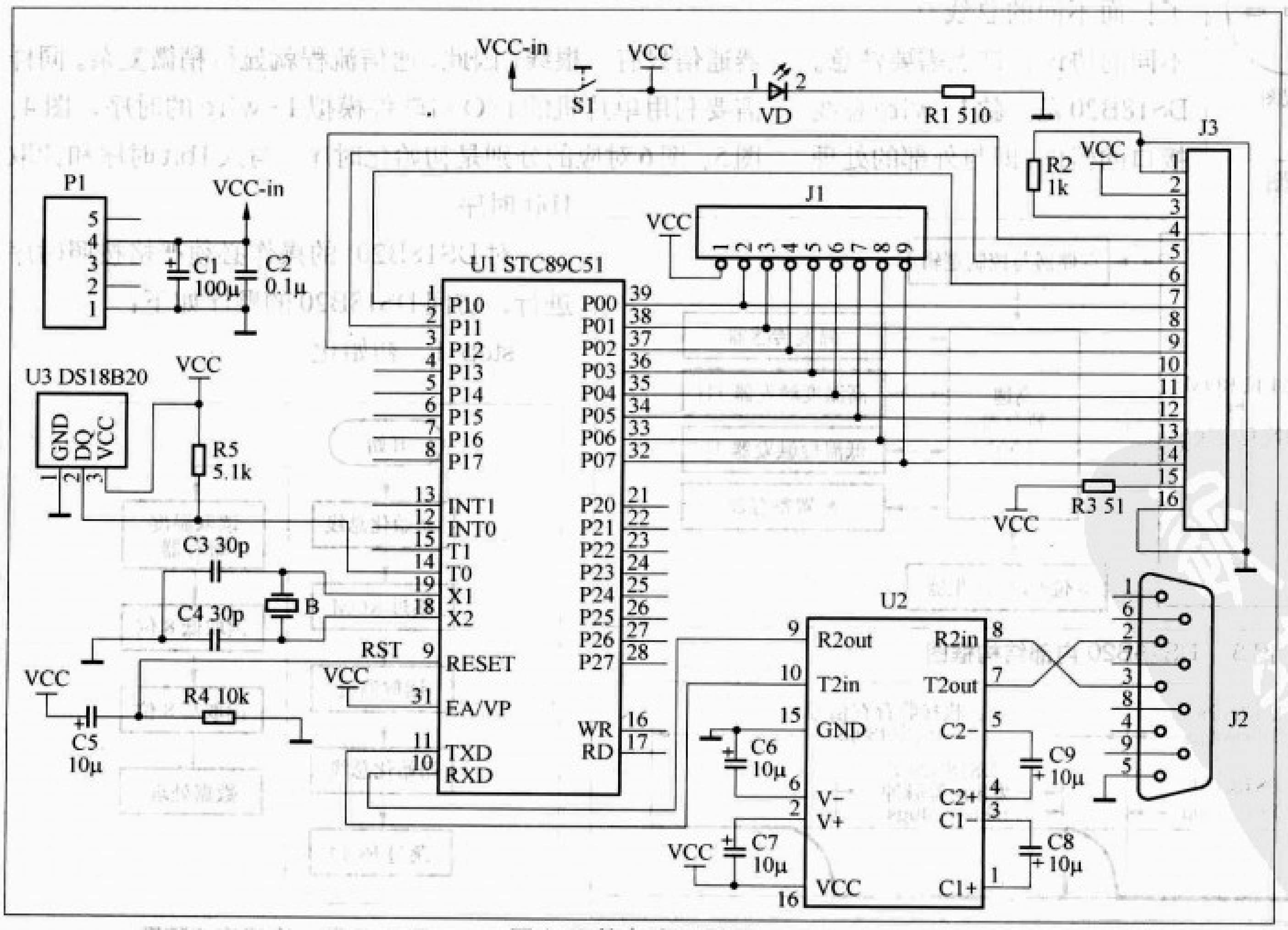


图1 硬件电路原理图

度值。其分辨率可以达到12位，满足一般情况下对温度采集的需要。与模拟温度传感器相比，DS18B20省去了信号调理、A/D转换等前向通道处理电路，从而使得系统线路简单，成本低廉。

它的主要技术性能指标：

1. 电压范围：+3.0～+5.5V（可用数据线供电）

2. 测温范围：－55℃～＋125℃

3. 通过编程可实现9～12位的数字读数方式，测温分辨率可达0.0625℃

4. 可自设定非易失性的报警上下限值

它的引脚如图2所示，1脚为电源VCC，2脚为DQ，3脚为GND。图3为芯片的内部结构图。

PS：使用过程中，一定要分清电源和地，如果接反的话，芯片就烧坏了！

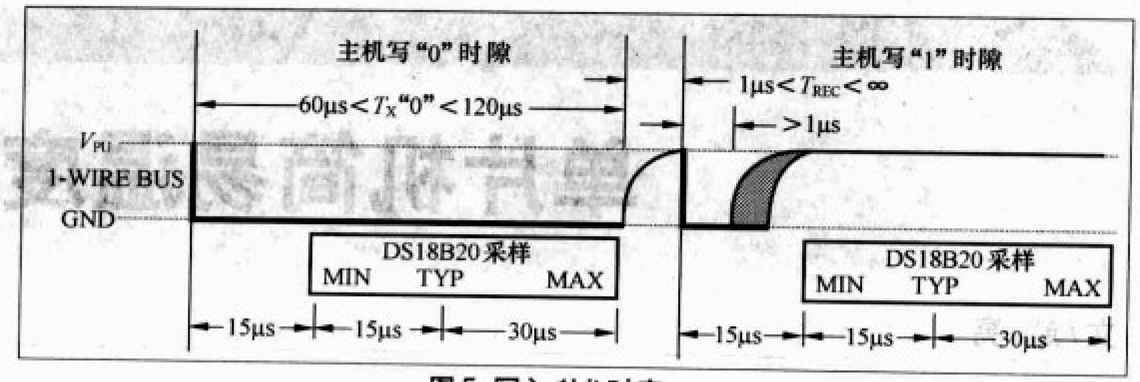


图5 写入1bit时序

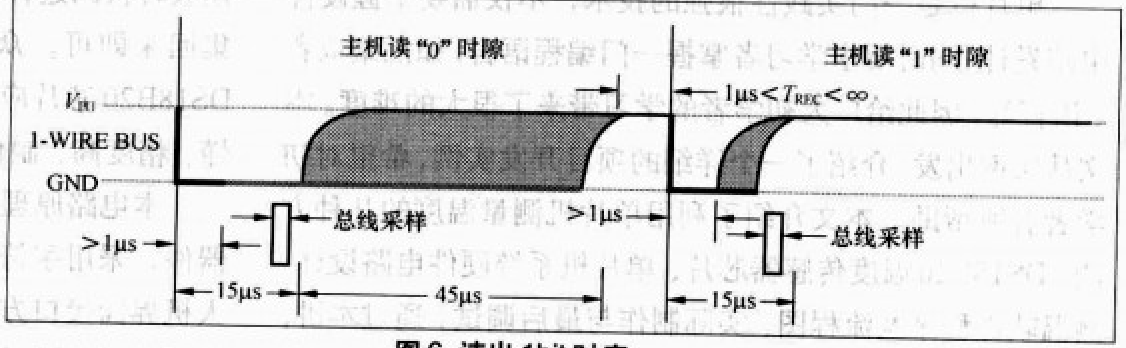


图6 读出1bit时序

软件核心程序及流程图

单片机与任何外部器件通信，都是数据的传输过程，只要掌握了最基本的读取一个字节和写入一个字节的方法，之后的操作就变得简单了！而不同的总线有不同的协议，这点需要注意。DS18B20是一款1-wire总线接口的器件，即与外部的处理器通信只有一根线，因此，通信流程就显得稍微复杂。同样需要利用单片机的I/O口软件模拟1-wire的时序，图4、图5、图6对应的分别是初始化时序、写入1bit时序和读取1bit时序。

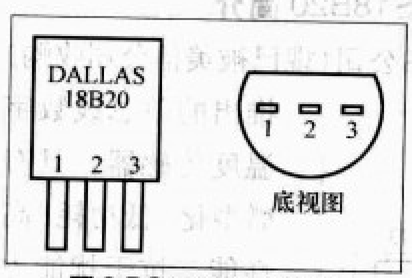


图2 DS18B20引脚图

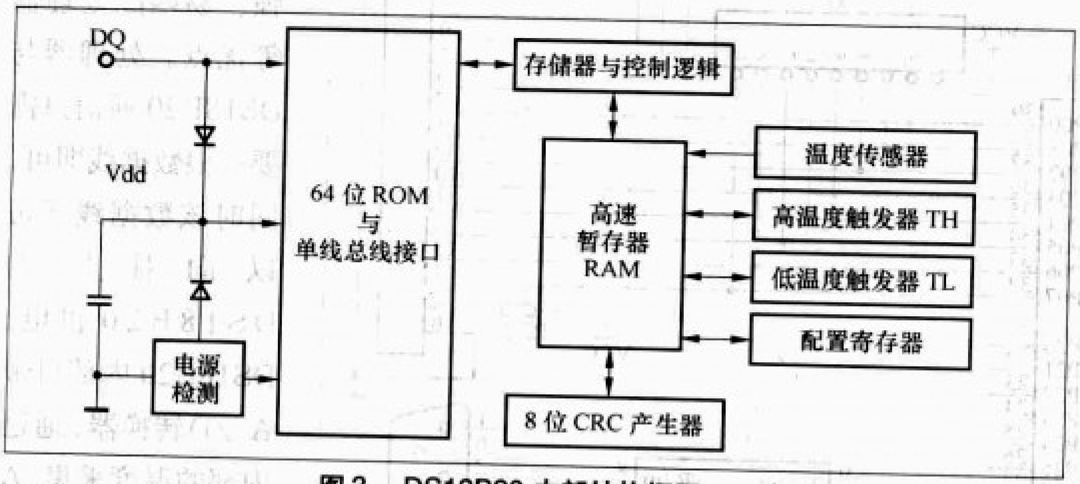


图3 DS18B20内部结构框图

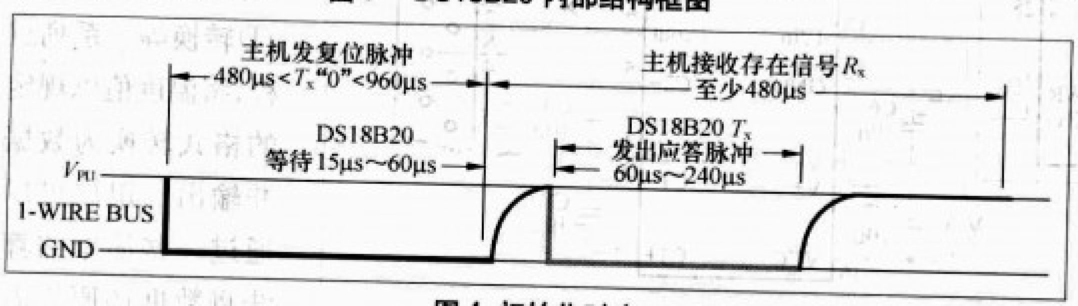


图4 初始化时序

对DS18B20 的操作必须严格按照时序进行，访问DS18B20的顺序如下：

step 1 初始化

```
函数－初始化1-wire总线，每次对总线操作都需要进行初始化
void Initize_One_Wire_Bus(void)
{
 One_Wire_Bus=0;
 One_Wire_Delay(80);// 拉低总线并持续超过480μs
 One_Wire_Bus=1;
 One_Wire_Delay(25);// 通过上拉电阻拉高总线
}
```

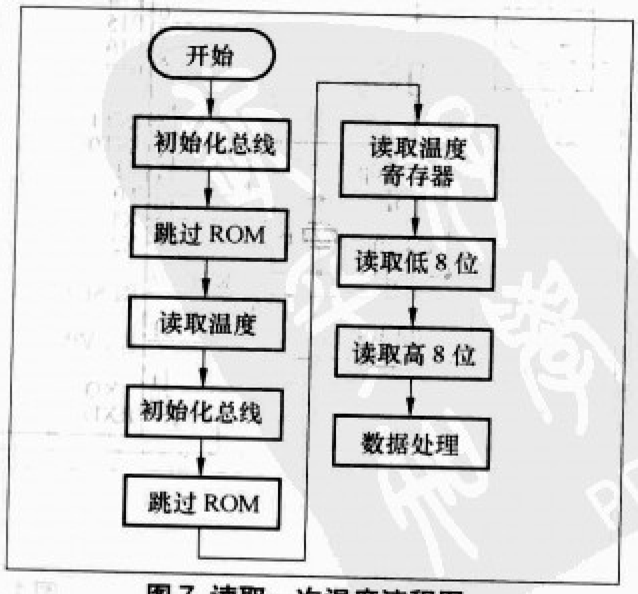


图7 读取一次温度流程图

```
函数 - 从总线上读取一个字节
unsigned char One_Wire_Read_Byte(void)
{
 bit temp_bit;                  // 定义临时位变量
 unsigned char i,result=0;
 for(i=0;i<8;i++)               // 循环8次读取一个字节
 {
  One_Wire_Bus=0;
  One_Wire_Bus=1;               // 置高总线, 准备读取
  temp_bit=One_Wire_Bus;// 读取当前总线上的数值
  One_Wire_Delay(9);            // 延时
  if(temp_bit)                  // 移位, 数据处理
   result|=0x01<<i;
 }
 return(result);                // 返回 读取的字节
}
```

step 2　ROM命令

step 3　功能命令(其后跟着所需要的数据交换)

每次DS18B20被访问时，都必须严格按照这个顺序进行操作，否则DS18B20就不会有响应，这部分程序代码太多，这里不一一列出，可以参照本期《无线电》配刊光盘中的源程序。读取一次温度的流程如图7所示。

实际组装及调试

本实验电路不算复杂，可以用万能板自己搭接。需要注意的是，首先要保证单片机可以正常工作，也就是需要注意电源、时钟、复位这几个地方，此外，EA引脚需要接高电平（保证程序从单片机内部flash读取，而不是外接的存储器中读取）。由于不同的液晶的对比度不同，因此建议在3脚接一个2kΩ的电位器到GND引脚，方便调节对比度，使显示效果最佳！元器件清单如附表所示。

```
函数: 向总线上写入一个字节
void One_Wire_Write_Byte(unsigned char oww_dat)
{
 unsigned char i;
 for(i=0;i<8;i++)          // 循环8次写入一个字节
 {
  One_Wire_Bus=0;
  if(oww_dat&0x01)         // 写入的数据低位在前
One_Wire_Bus=1;            // 如果当前的数据为'1',置高总线,否则为'0'
  One_Wire_Delay(20); // 延时
  One_Wire_Bus=1;          // 释放总线, 通过上拉电阻拉高总线
  oww_dat>>=1;             // 移位数据处理
 }
 One_Wire_Delay(10);
}
```

附表 元器件清单

名称及参数	个数	作　用	电路图中标注
芯片 单片机 STC89C51/52	1	控制器	U1
芯片MAX232 直插	1	下载电路	U2
芯片 DS18B20 直插	1	温度传感器	U3
电源开关 锁存型	1	下载开关	S1
排阻 10kΩ 直插9脚	1	P0口上拉电阻	J1
串口母口 DB9 孔	1	接口器件	J2
LCD1602接口 单排直插孔16	1	接口器件	J3
USB-B 方口头	1	电源接口	P1
电阻 510Ω 1/4w 直插	1	电源指示限流	R1
电阻1kΩ 1/4w 直插	1	液晶对比度调节	R2
电阻51Ω 1/4w 直插	1	液晶背光限流	R3
电阻 10kΩ 1/4w 直插	1	复位电路	R4
电阻 5.1kΩ 1/4w 直插	1	DS18B20 上拉电阻	R5
LED 发光二极管Φ3、Φ5	1	电源指示灯	VD
晶振 11.0592MHz 直插	1	时钟电路	B
电容100μF 25V耐压 直插	1	电源滤波	C1
电容0.1μF 直插	1	电源滤波	C2
电容30pF 直插	2	时钟电路	C3、C4
电容10μF 25V耐压	5	复位1、串口4	C5~C9

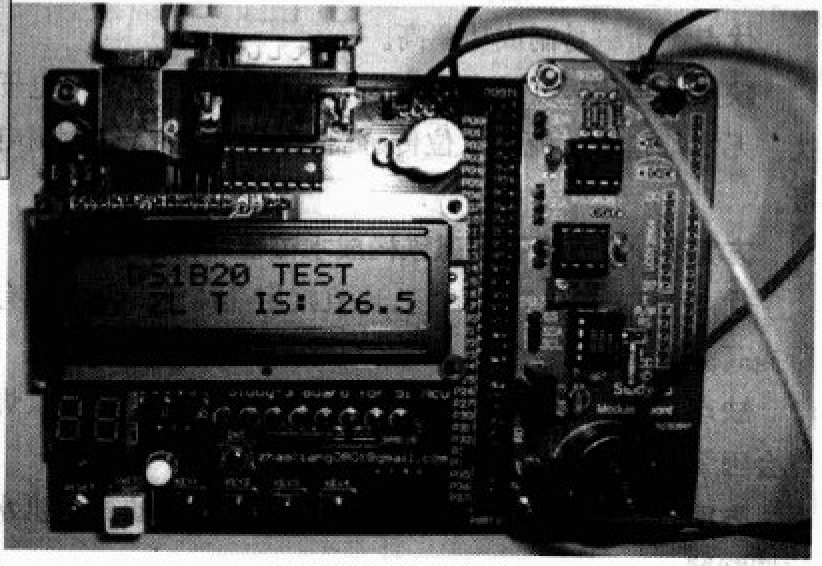


图8 实际显示效果

除了附表中列出的元器件之外，还需要两根线，一根是USB打印线，用来提供系统的电源，其好处是不用单独准备直流稳压电源。另一根是串口延长线（一公一母），用来连接电脑与单片机进行下载程序时用。

一般只要电路焊接正确，下载程序就可以正常工作。显示信息：

"　DS18B20 TEST　"

"BY ZL T IS：xx.x"

图8为实际试验结果，keil工程文件和源程序见本期配刊光盘。

功能完善的新颖智能水位控制器

文 / 戴中清

笔者制作过许多类不同的水位控制电路，经过多款测试使用后，取众大师制作之优点，设计制作了此款功能完善且新颖的智能水位控制器。

首先将我以前制作过的多款水位控制器其优缺点分析如下：

方案 1：用晶体管制作的水位控制

优点：简单易制成功率高。

缺点：当信号线传输距离太长就不准确、易受强电干扰、无水位指示、流经水位传感器为直流电易腐蚀检测电极。

方案 2：用干簧管加磁铁构成水位检测的控制器

优点：解决电极腐蚀问题，比直接用晶体管的可靠性有所提高。

缺点：传感器存在安装难度较大，处理不好时间一长焊点会因氧化、腐蚀而断路引起失控。

方案 3：发表在报刊上，先进且功能较多的单片机水位控制器

优点：与以上两款相比具有控制灵活、水位显示、故障报警等功能。

缺点：程序不够完善、故障显示不够清晰明了。当低水位线断后会引起误动作（继电器会不停地吸合易烧继电器）。水位传感器多用直流电加光耦或者干簧管之类的检测方式，水位检测一样存在失误及易腐蚀等问题。所用单片机电路未加看门狗电路不适宜安装于带有交流接触器的电箱中，否则会受接触器吸合、断开的强电干扰而死机或程序跑飞的现象。

失败是成功之基础，本文介绍的智能水位控制器解决了以上所有弊端，下面逐一介绍。

一、主要功能特点

1. 应用于单相电机具有过载保护，同时也可应用于三相水泵，可将热继电器的常闭触点接于保险丝的两端，当过载保护起作用时交流接触器线圈断电，并联在保险丝两端的光耦得电导通输出过载检测信号或者采用厦门电子电器WCJ1型多功能电子继电保护器(具有缺相、过载保护等功能)。

2. 输入与输出采用光耦隔离。

3. 具有手动与自动相结合的控制方式，灵活运用。

4. 具有硬件看门狗，用单片机来做主控电路因干扰而引起程序跑飞或死机一定要解决，所以在程序中应用了硬件看门狗电路NE555（不采用专用芯片之原因是此芯片易购以减少制作难度），彻底避免因干扰而失控的现象，方便可安装于工业电箱中使用。

5. 交流水位检测，使用公认最好的水位检测方法——交流检测，此电路是参考品牌锅炉中使用的水位检测部分测

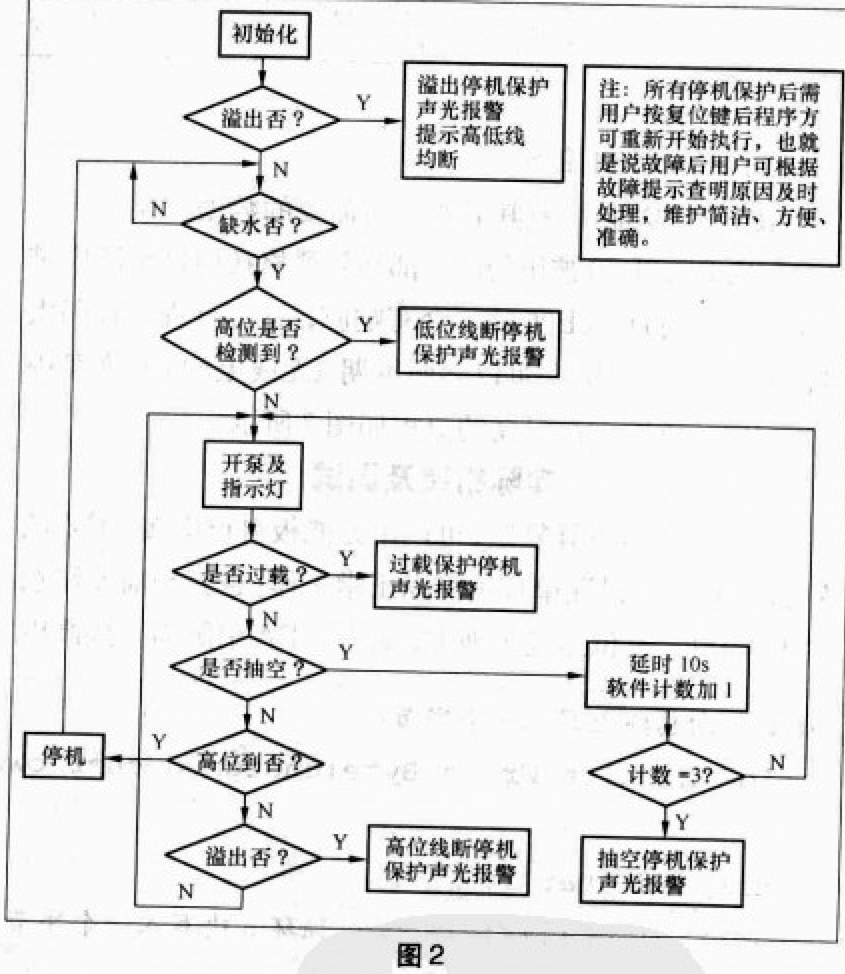


图 2

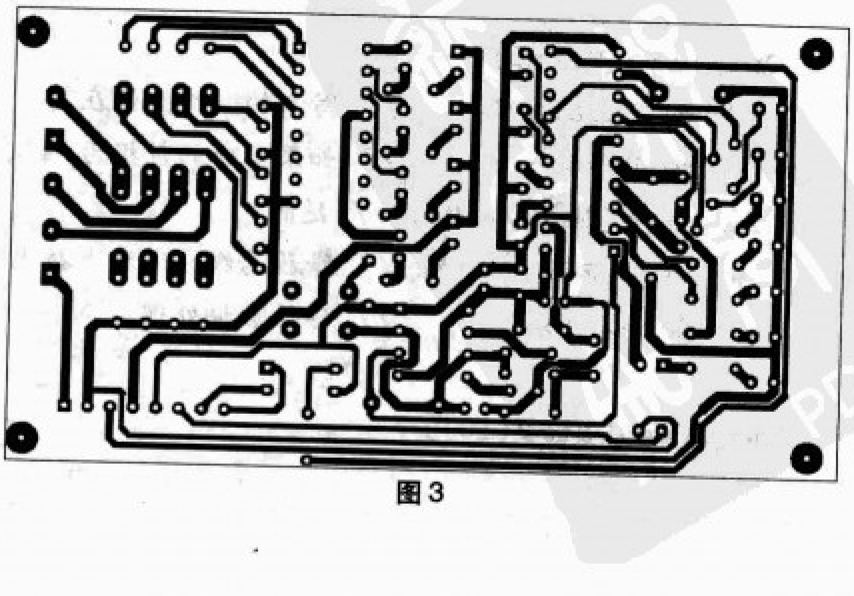


图 3

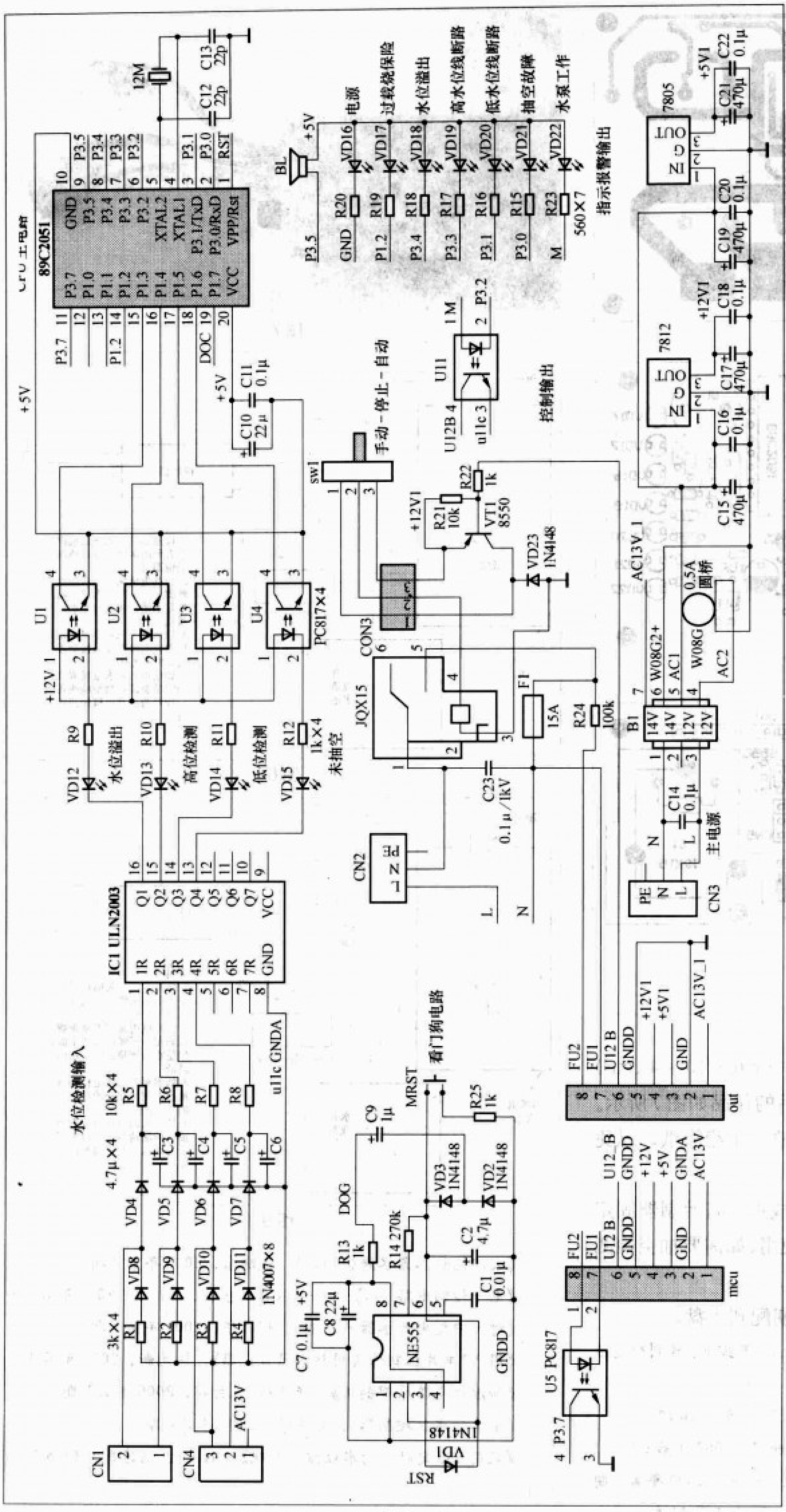


图1

绘而来。详细电路见图1，取溢出位检测一路为例，其他检测位相同。水位达到溢出检测线后交流AC13V经水电阻、VD4、VD8、R1、C3、R5共同组成，交流电的正半周通过VD8对C3充电形成检测电压，输出供单片机识别后产生相应的控制，负半周经VD4、R1到地形成回路，所以流经检测线的交流电，不会象直流电那样产生电解而过早损坏检测电极，彻底解决了电极易腐蚀的缺点，电极使用时间大大增长。

二、硬件工作原理

分方块式绘制的原理图如图1所示。分为单片机主控、看门狗、水位检测、控制输出、报警指示、电源等几部分电路组成。主电源上电看门狗电路NE555输出复位电平使单片机复位运行主程序，读入检测到的水位信号输出相应的输出控制。

三、程序流程

程序流程图如图2所示。程序结合实际使用经多次修改非常完善，其中比较突出的是具有水位线自检测功能可避免低位线断出现继电器频繁断开吸合而烧坏主触头及水位溢出检测高位线断提示，另加入抽空检测解决了缺水及水泵故障不上水而浪费电能的问题。

四、绘制PCB

由于大家都是业余制作，所以可以采用热转印的办法来制作，但是用热转印的办法来制作双面板PCB，制作难度大，出于此原因所以笔者将其绘成单面板，完成后分为两块小板，一块为小信号处理，另一块为电源及输出控制，中间用一条排线连接，见图3、图4。

五、安装使用

1. 用编程器将程序编译后得到的HEX文件烧写入AT89C2051中，接下来按图5及图6安装并焊接全部元器件。

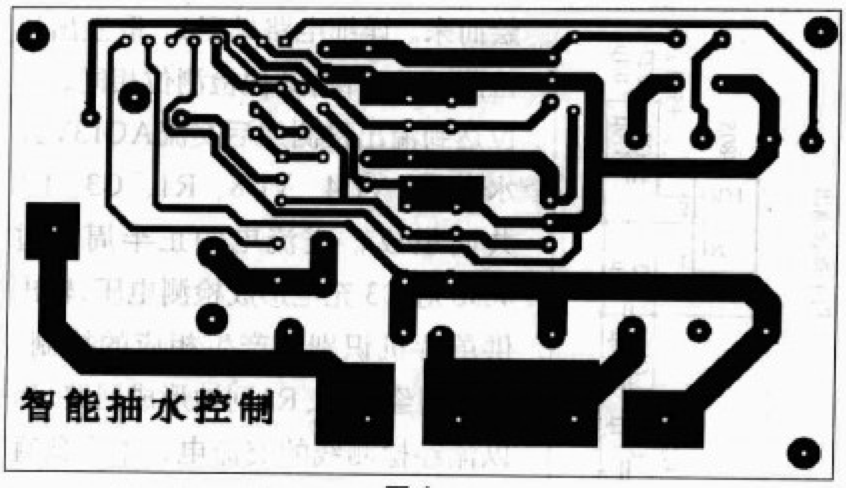


图4

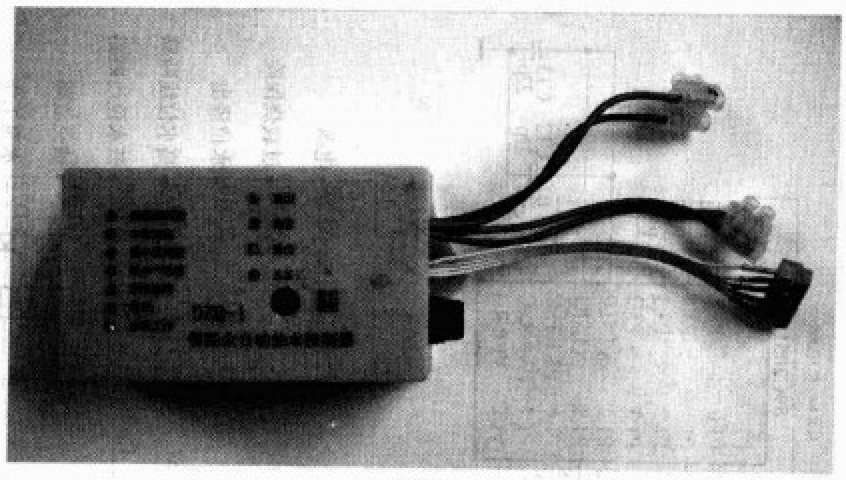


图7

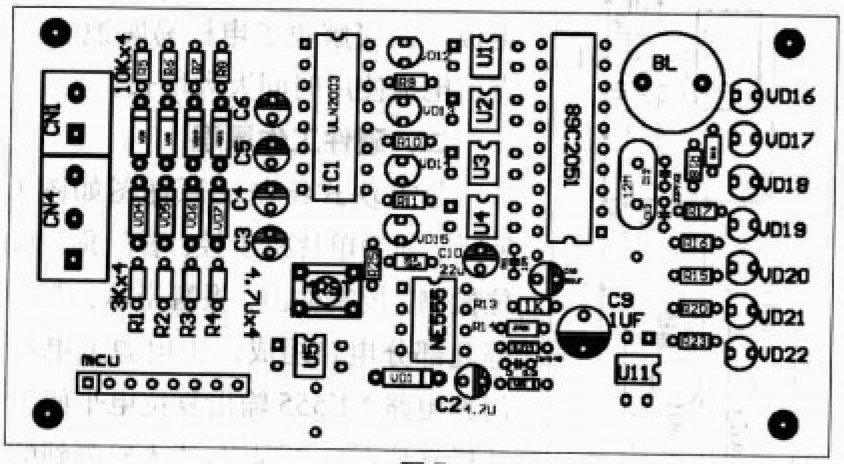


图5

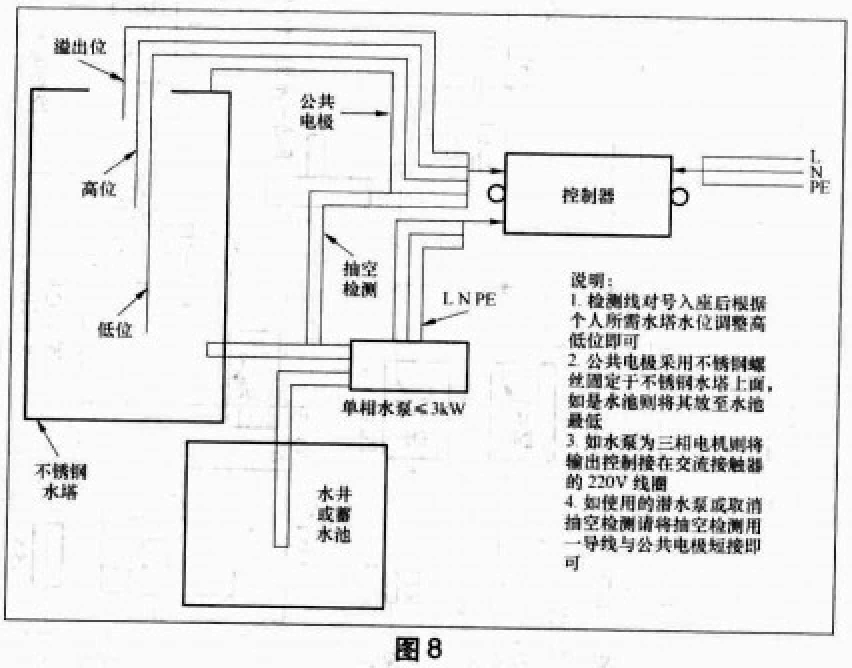


图8

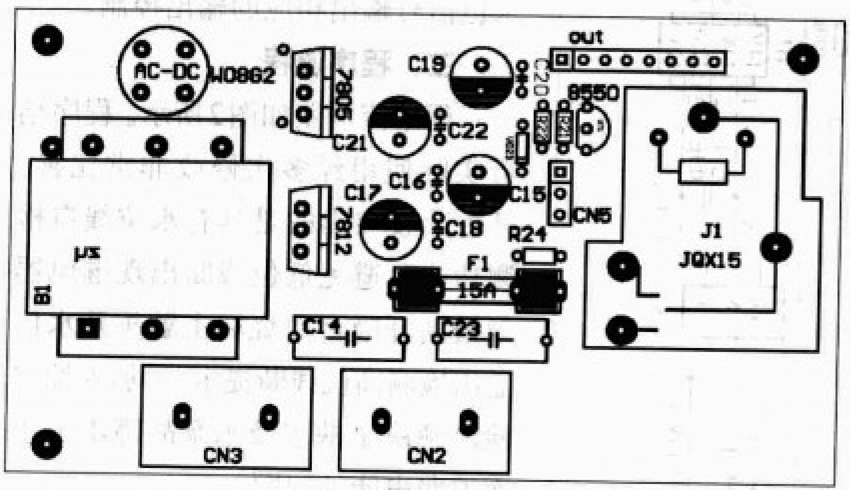


图6

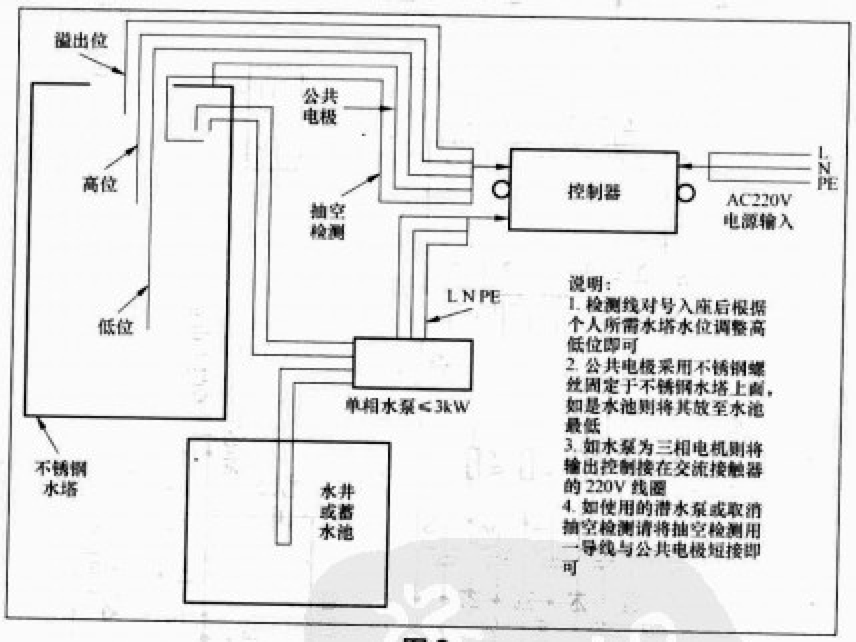


图9

2. 将焊好全部元件的两块板装进一个6 × 10 × 4 (cm)的胶外壳中。我使用的外壳安装完成后的作品如图7所示。注意由于结构小需要在两块板的中间放一张绝缘纸，以免电源板上面的零件与CPU 板短路。

3. 在被控制水泵旁适当位置用两枚螺丝将控制器固定后，按图8连接好线后即可通电正常使用，如需要抽空检测建议优先采用图9的安装及接线方式。

源程序及烧写单片机的文件见上期配刊光盘。

编后：水位检测、控制电路应用十分广泛，《无线电》曾刊登过很多这方面的文章，现摘录如下，供读者查阅、参考：

《"变频"智能水位控制电路》，乔晋兴，2006 年第 10 期

《简单实用的单片机水位采集系统》，李世国，2006 年第 9 期

《用 GSM 模块实现水位远程监控和预警》，王 轲，2006 年第 8 期

《节能长寿水箱自动供水电路》，杨国治，2005 年第 11 期

《太阳能热水器水满告知器》，张晓东，2005 年第 7 期

《电子控制电路 (1)》——水位自动控制，孙心若，2005 年第 7 期

《对大中型电开水器的改造》，程子华，2005 年第 5 期

《用 PIC 单片机制作实用热水器监视器》，林元新，2005 年第 3 期

《加湿机电路原理剖析》，张志科 张白莉，2005 年第 1 期

《全自动水位控制器》，赵贵平，2004 年第 4 期

《采用 555 定时器的水位控制系统》，刘玉兰 刘建民，2003 年第 7 期

《太阳能热水器监控仪》，张伟，2003 年第 2 期

用LCD1602液晶模块显示小人踢足球的画面

文 / 李海秋

LCD1602字符型液晶显示模块大多用于显示两行文字或数字，没有12864等大型点阵图形型LCD更方便显示图形的功能，但是巧妙安排图形的显示方式也可以在LCD1602上得到连续画面的显示效果。本文介绍如何用两行字符型LCD1602液晶显示模块显示小人踢足球的画面，显示效果见图1。

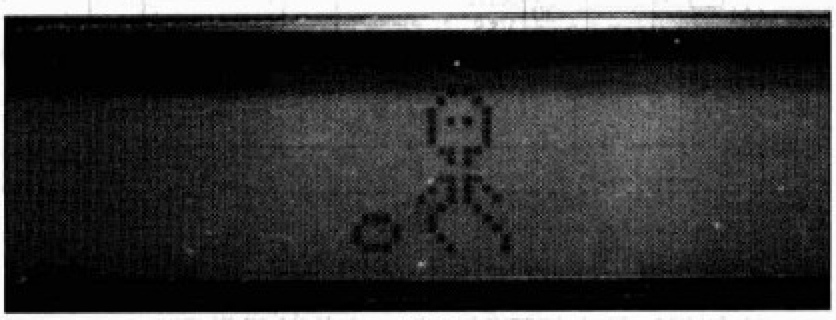


图1

首先简要说明一下LCD1602显示的原理。它的控制芯片本身带有内部字符发生存储器（CGROM），这里面存储了常用的标点符号、数字、大小写字母以及日文假名，若要显示某个字符，查出对应的代码即可。但是要显示其他的内容如汉字、图形等就要用到用户自定义字符存储器（CGRAM）。要想显示汉字或图形，关键就在于如何取得对应的CGRAM数据。这块存储区域跟普通的RAM存储器是一样的，每次上电就要重新写入。

LCD1602的显示屏被分割成2行16列的小块，每一块是由如图2所示的5×8点阵组成，图3以汉字“土”为例来说明怎么取得其CGRAM数据。将汉字“土”填入图2就得到了图3，其中的黑点就是要显示的点，这一个比特位的数据就为“1”，而一个字节数据为8比特，将高三位数据填0，这样就得到第1行的数据为0x00，第2行的数据为0x04，其余六行依次为0x04，0x0e，0x04，0x04，0x1f，0x00。所以“土”的CGRAM数据组就为{0x00，0x04，0x04，0x0e，0x04，0x04，0x1f，0x00}。

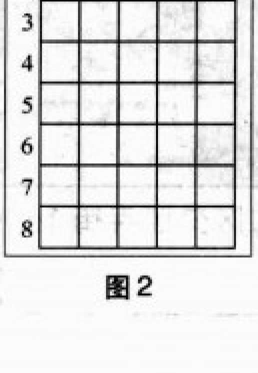


图2

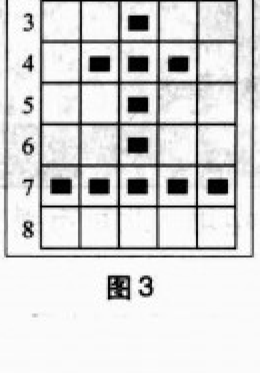


图3

接下来要处理的是如何将图画表示成CGRAM数据。如果图形仅在屏幕的一个小块中显示不能得到清晰的图像，可以考虑将一个图片分布在多个屏幕小块中。根据本文要显示的图形可以将其割成6块，这样每一块就对应于一个用户自定义的“字符”，然后用一组CGRAM数据将这个“字符”表示出来。简单起见我们只取两幅图画，如图4、图5所示。

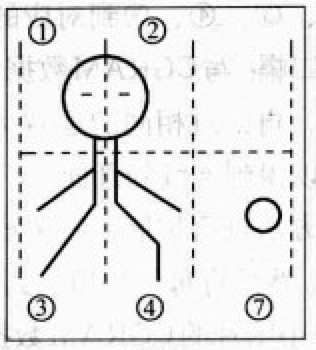


图4

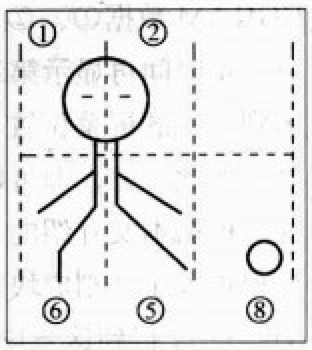


图5

图形分成6块区域后，按照前面介绍的对汉字取CGRAM数据的方法，对每一块取CGRAM数据。以头部左半脑为例，在图2中画出左半脑，得到图6。第1行数据为0x01，第2行为0x02，其余依次为0x04，0x05，0x04，0x04，0x03，0x01。

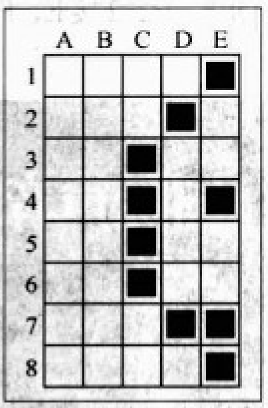


图6

于是①号区域表示的左半脑可以取成{0x01，0x02，0x04，0x05，0x04，0x04，0x03，0x01}，依次类推可以得到其他区域的CGRAM数据。

以下是对要显示的图形取CGRAM数据得到的CGRAM数据组：

```
static const uchar code CharData[8][8]
={{0x01,0x02,0x04,0x05,0x04,0x04,0x03,0x01},//①左脑
{0x10,0x08,0x04,0x14,0x04,0x04,0x18,0x10},//②右脑
{0x03,0x05,0x09,0x11,0x02,0x04,0x08,0x10},//③左脚直步
{0x18,0x14,0x12,0x08,0x04,0x04,0x04,0x04},//④右脚弯步
{0x18,0x14,0x12,0x11,0x08,0x04,0x02,0x01},//⑤右脚直步
{0x03,0x05,0x09,0x02,0x04,0x04,0x04,0x04},//⑥
```

左脚弯步

{0x00,0x00,0x00,0x0e,0x11,0x11,0x0e,0x00},//⑦足球空中

{0x00,0x00,0x00,0x00,0x0e,0x11,0x11,0x0e},//⑧足球着地

};

将上述的两个画面交替显示，即先显示第一幅图画：写CGRAM数据①、②、③、④、⑦到对应的屏幕位置，延时一定时间再显示第二幅：写CGRAM数据①、②、⑥、⑤、⑧到对应的屏幕位置，再经过相同的延时又显示第一幅图画，如此交替，即可以得到连续的画面。

根据本文介绍的方法进行扩展，将要显示的其他图片先根据大小分割成块，然后将每一块填入到图2所示的5×8点阵中，得到这一块小图片的CGRAM数据，最后得到整幅图片的CGRAM数据组。如果将显示的图片数目增加（本文为描述方便起见只用了两幅图片），就可以得到更加生动、丰富的画面。

本文中LCD1602与AT89S52单片机的连线非常简单，图7为完整的电路图。P2.7~P2.4连接至LCD1602的DB7~DB4，P2.2接E，P2.1接RW，P2.0接RS。两者之间的连线只需要7根，仅占用单片机的一个端口即可解决问题。

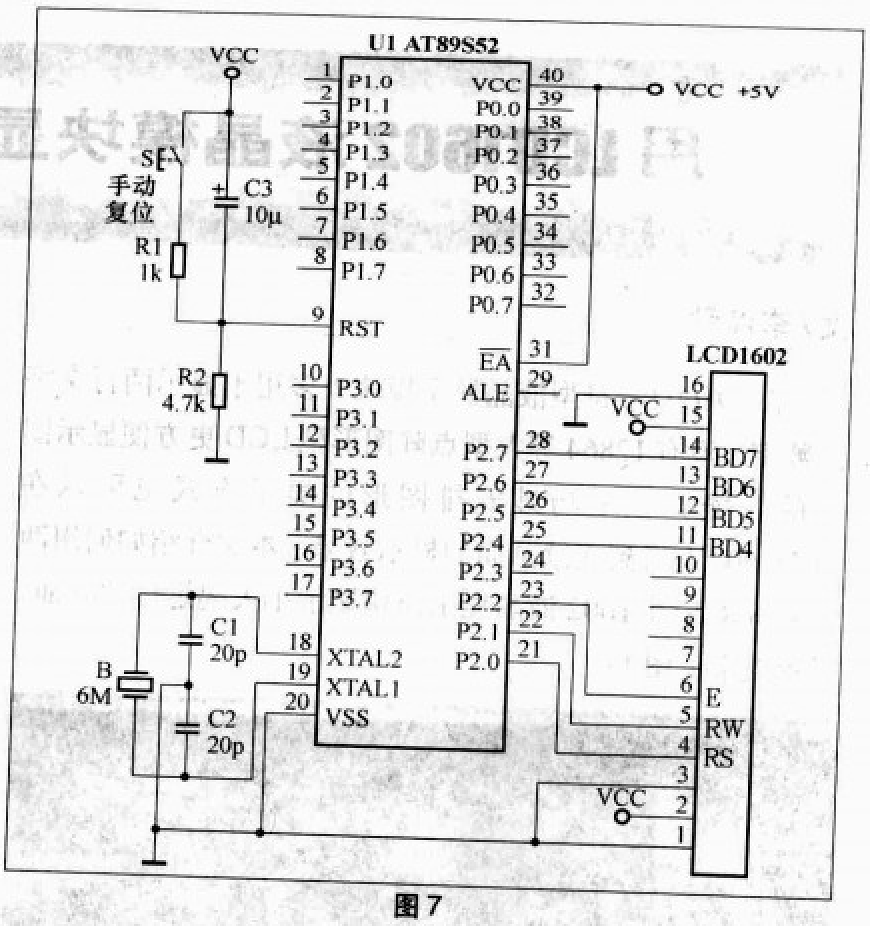


图7

详细程序见上期配刊光盘，实物效果见图1。

全国各大书店有售，读者也可汇款至《无线电》编辑部邮购，汇款地址：北京市崇文区夕照寺街14号A座《无线电》编辑部（100061）；邮购电话：010-67134361

淘宝攻略 妙用淘宝买元件

文/杨跃泉 顾晓聪

电子爱好者经常需要购买一些电子元件，用来完成自己心仪的一些小制作。常规购买元件主要有两个渠道：购买电子类的书报刊，查找合适的商家后进行邮购；到当地所在的电子市场购买。

邮购本身属于无店铺销售的一种营销模式，具有方便快捷、价格便宜、不受地域空间限制等特点，可以满足人们生活节奏加快、休闲购物多元化的需求，具有一定的不可替代性。但是邮购行为本身又像是隔山买牛，也有一些缺点。邮购大多是依靠商家单方面的宣传后，买家先行付款，商家收款后发货，东西好坏买方事先并不是很清楚，完全依靠卖方的描述，所以经常会出现一些纠纷。

去电子市场购买，一手交钱，一手交货。看上去比较方便、直观，可是实际上却也有一些问题：有的中小型城市本身没有专门销售电子元件的市场，需要到省会城市或者周边大城市去购买，这样就需要增加成本——交通费用；一些大型城市，例如北京，南城区的用户要到北三、四环之间的知春路购买元件，交通费也不是一个小数字，也增加了成本；电子市场里的商家素质也是良莠不齐，对于购买元件数量少、种类多的用户，恶意的提高价格，笔者遇到过，购买1/8W电阻一个居然报价1毛多，实际上1/8W电阻大约1分钱左右就可以买到。

最近几年，邮购依赖网络，出现了一种新类型——网站担保形式，图1所示为淘宝网（www.taobao.com）的购物流程。

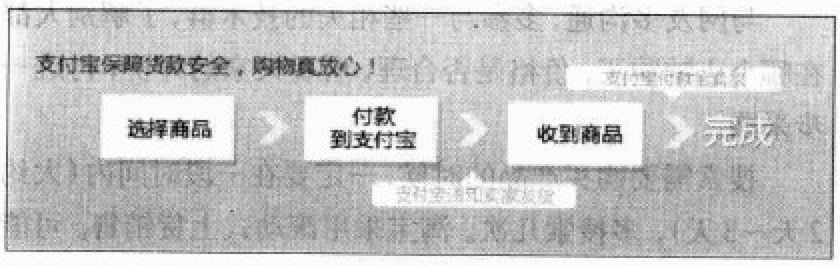


图1

买家在网上寻找需要购买的元件后，将购买所需的货款先支付给网站，网站通知商家发货；在规定的时间内，买家收到货物进行验收，发现商品与商家描述的不符或有质量问题，可以向网站投诉，之后进行协商处理，可能退回商品及货款，或采用其他处理方式。只有在买家确认交易认可后，商家才会收到货款。虽然增加了一些购物环节，但是却更好地保护了买家的利益。

笔者遇到过购买产品，验收时发现实际数量与购买数量不符的问题，与商家协商后，不是很重要的东西，经过笔者同意后，商家退还差价，一些需要的商品，有的商家愿意支付这笔额外的邮寄费用，将缺少的商品补寄给笔者。

下面，我们就以单片机初学者常购买的STC系列芯片为例进行演示。

购买前，先确认购买商品的关键词，用关键词在淘宝网的搜索栏中进行搜索。例如我们想购买stc的芯片，假如笼统地只搜索stc，得到的搜索条可能很多不是我们需要的信息。仔细看，在我们输入stc的时候，淘宝已经提供出相类似的关键词，我们选择最接近自己需求的那个就可以，如图2所示。

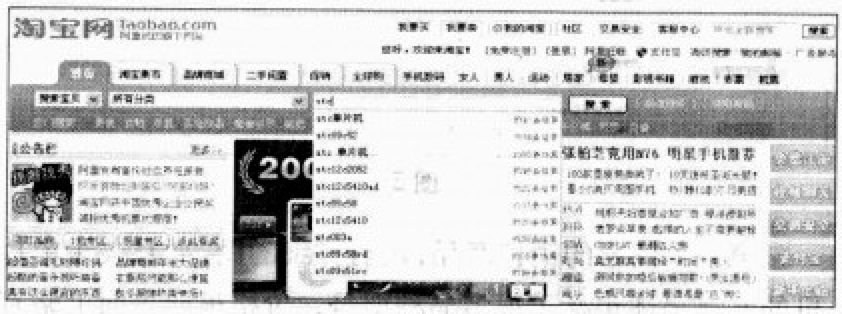


图2

假如我们只输入stc，一共有1000多条搜索结果，其中有很多不是我们需要的，假如我们输入“stc 单片机”，则只有270多个搜索结果，很大程度上缩小了目标范围。

但是，得到的搜索结果排列顺序可能不是很规则，可以根据需要，按照某个规则进行排列。如图3所示，点击相关栏目，选择合理的排列方式。

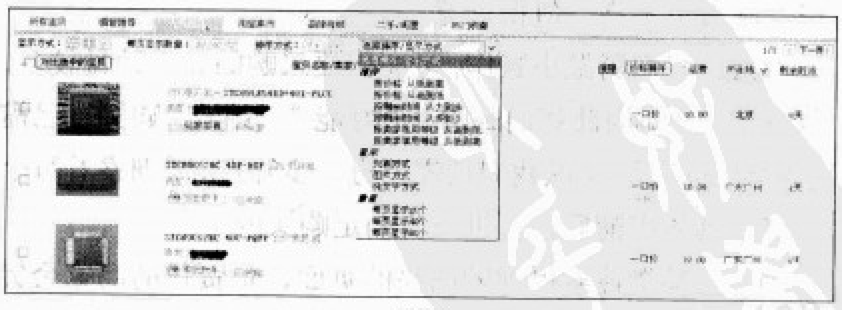


图3

例如，我们选择按照价格从低到高进行排列。得到结果如图4所示。

左面第一部分是商家销售产品的外观图像，可以很直观地让我们看到该产品；第二部分，是关于产品的描述，一

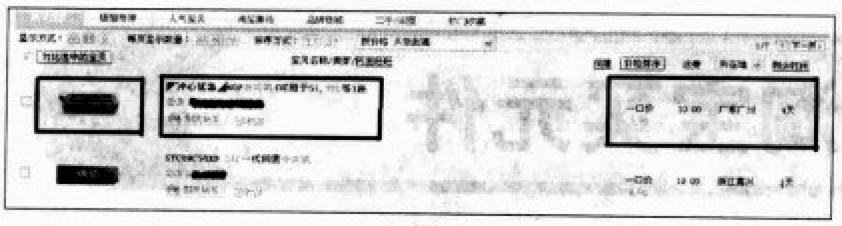


图 4

定要认真查看这个部分资料；后面是该产品的价格、邮寄费用、所在地等资料。

淘宝网上购买的商品，不一定是全新的，有一些个人也会上网发布一些自己手中多余的物品。这些个人销售的物品，可能有一些属于二手的，这类商品购买就更要小心。一般来说，二手产品包括拆机品、个人闲置物品，价格可能较为便宜，但是出现质量问题的几率也不低。其他没有特别标注的，大多是全新的，这类根据商家进货渠道的不同，价格也略有起伏。

例如我们计划购买 stc89c52，输入关键词“stc89c52”搜索后，得到的结果如图 5 所示。

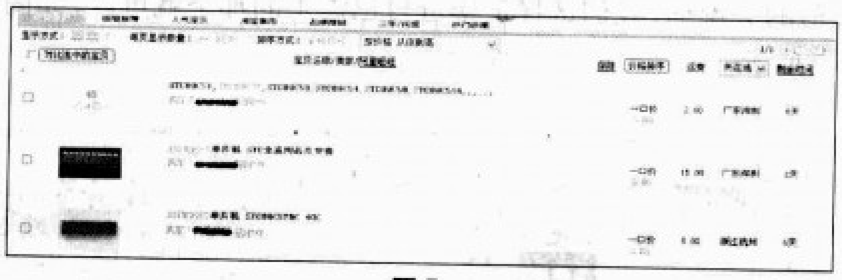


图 5

第一个商家的销售产品，没有详细的图，而且关于单片机的文字描述包括了很多品种型号，价格虽然表面上略有优势，但是整体上让人并不放心。而且目前有一些商家，为了在客户搜索的时候能够排列在前面，而刻意的混淆视听，把一些关键词混合，作为名称，可是买家购买时候需要支付的可能是另一个价格。

第二个商家的图与实际芯片不同，而且邮费价格略高，可以通过与商家沟通协商，多了解情况后再下决定。

第三个商家的图与芯片相符，价格与其他比较，大致相当，邮费也不高，值得推荐。

由于我们制做小制作，可能需要采购的元件种量较多，数量却较少，因此我们邮购，最好能“一站式”购买自己需求的全部商品，所以我们还需要进一步筛选，详细察看每个商家的具体店铺后，再进一步确定购买的意向。

进入某个搜索得到的商品的页面，负责任的商家会针对该产品的详细资料进行描述，这种负责任的行为值得推荐。

进入商品资料介绍页面后，仔细观察页面的右上角，有相关店铺的一些参考资料，见图6。或者进入店铺整体页面，观察网页左上角，也有相关资料，见图 7。

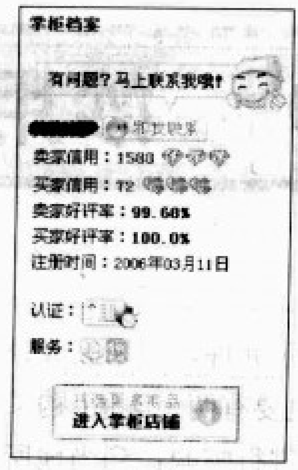


图 6

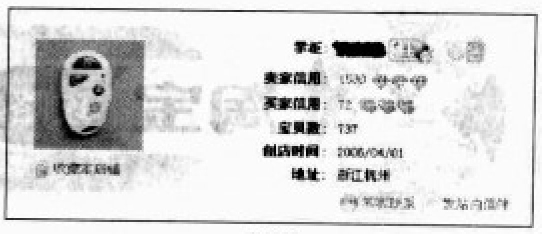


图 7

其中，商家信用，表示商家目前销售商品成功交易的次数，一定要进一步查看具体情况，见图 8。

商家好评是指买家买到商品后进行检验，没有发现问题，而对商家的一种肯定行为；中评和差评，是指买家收到货物后，发现一些问题，而对商家进行一种协调的状况，再此，一定要点击察看，为何商家得到的是中评或差评，而不是好评。某种程度上，这里也客观的反映出商家的处理问题方式。

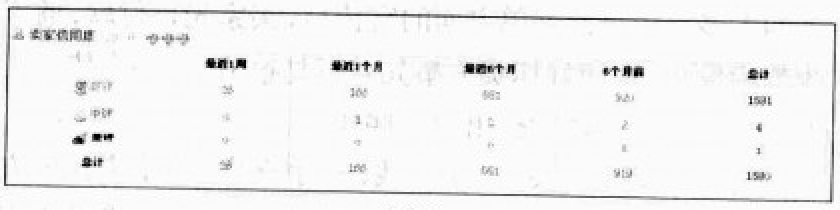


图 8

有的商家遇到问题后，推托责任，不愿意承担责任，这种商家不应该被信任，要尽量少在这个商家下订单。而商家遇到问题后，积极地配合，主动解决问题，这种商家就值得推荐。

淘宝提供了一个交流用的聊天工具——“淘宝旺旺”。大家一定要合理地利用这个软件与商家或其他买家及时沟通。某些商家在店铺中相关产品的资料不是很详细，买家冒然购买出现问题后，即便投诉也很难得到合理的解决。但是用“淘宝旺旺”与商家沟通的详细聊天资料信息，可以存档作为证据提交给网站，而后得到公正的处理。

一些购买技巧：

与网友多沟通，多参与一些相关的技术群，了解别人都在哪个店铺购买，价格是否合理，看看大家的评价，再进一步采购。

搜索需要购买产品的时候，一定要在一段时间内（大约2天～3天），多搜索几次。淘宝采用滚动式上货销售。可能你在搜索需要的商品时，某个商家的该物品刚刚下架，无法被及时的搜索到，所以通过一段时间的多次搜索，可能会得到更合适的商家。

一些商家邮寄业务很多，因而与邮政部门合作，有一些合作的特惠政策。有的商家发普通包裹到全国，只需要6元邮资；发专递省内6元～8元，全国12元；发ems需要15元。从这个角度也能反映出该商家的实力。

合理地选择购买商家。某些商家提供产品较为单一，价

虚拟仪器DIY

USB接口频率计

文/孙红生 崔德强

频率计在各种电子类杂志和网络上介绍比较多，它们大多自带LED或LCD显示屏，需要外接电源。现在电子爱好者的工作台上计算机已经成了必不可少的设备，这里介绍的频率计省去了常见频率计的显示屏和电源，充分利用了计算机的资源，为电子爱好者提供了一个廉价的桌面仪器。同本刊以前介绍的USB接口示波器和逻辑分析仪相配合基本上可以完成一般电路的制作和调试工作，满足广大电子爱好者的日常需要。

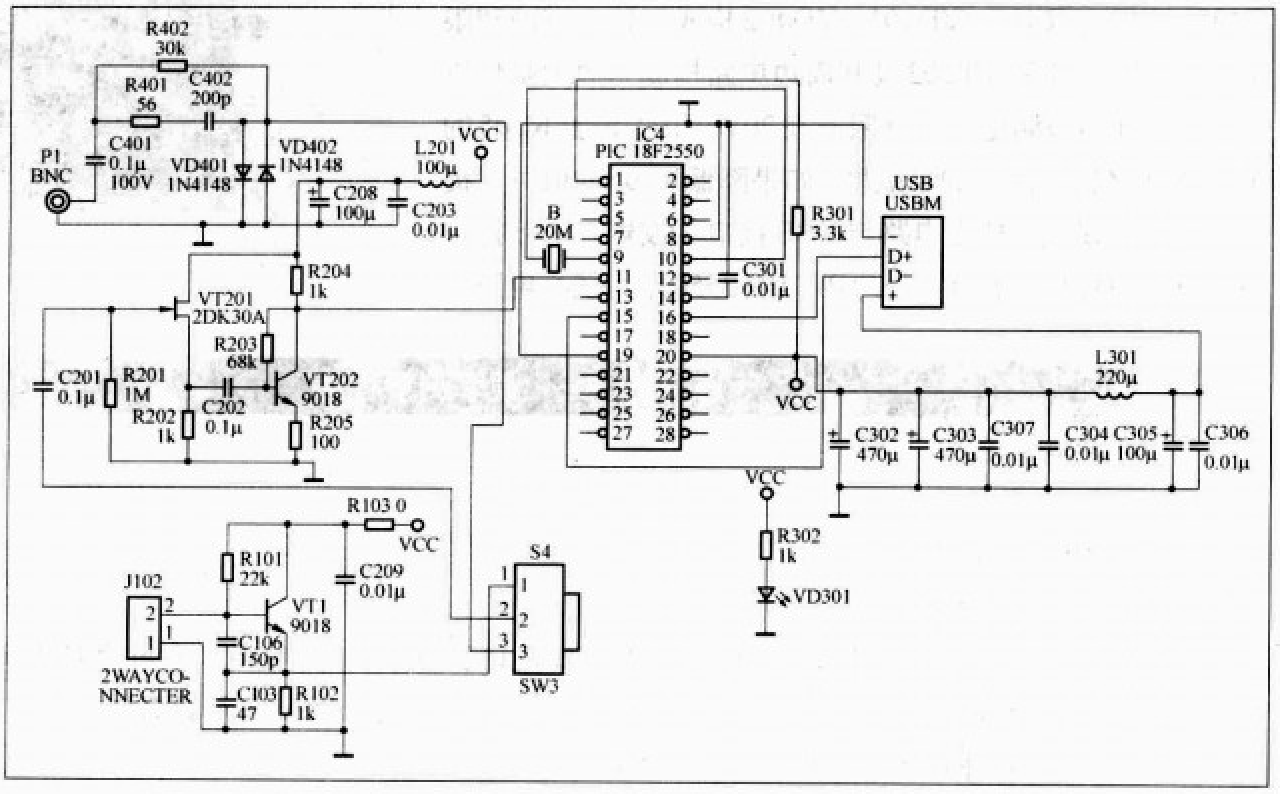


图2

由于没有使用不常见的微波器件如MB502、MB506，所以这一频率计的测量范围不是很宽，一般能测量50MHz以内的信号，如果读者有兴趣，可以参考有关MB502、MB506的资料自行添加。

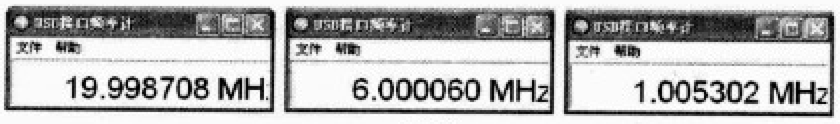


图1

性能指标

频率测量范围：10Hz～30MHz，较低的频率建议使用以前本刊介绍的USB接口示波器测量，更准确直观。

输入电压范围：200mV～20V，如果输入探头使用示波

格虽然有优势，但是买家需求量少，购买后计算邮费成本均摊后，还不如去某个综合性商家购买；注意买家与商家之间的位置距离，相关的邮寄成本和收货时间也不同，需要反复比价。例如：北京买家，购买北京商家的产品，就比北京买家购买广州商家产品相对划算一些。

多参与一些团购活动。笔者参与了一次电阻团购，1/4W无铅金属膜电阻，商家承诺，只要购买电阻总数4000以上，每个品种不少于50个，就可以按照7厘钱的价格，进行计算。这样购买80品种每种50个电阻，只需要28元。也有人选购该商家的1/4W无铅金属膜全系列电阻包，每种10个，一共165个品种，其他不足4000个的部分，挑选一些常用的电阻，每种50个，达到总计4000个即可。对于新手来说，这样搭配更为合理。

一定要注意的地方：挑选好产品后，不要怕麻烦，一定要与商家认真沟通，问清楚对方的商品是否真的是自己想要的东西。

笔者有一次购买充电器，网站上提供的图上面有9V电池接口，似乎能够给9V电池充电，当时以为东西一定和图一样，就没有认真沟通。可是东西收到后，才发现，居然这个东西与网站提供的图不同，无法给9V电池充电。商家虽然愿意退换，可是加上邮费，却真的不值得退换。大家一定要引以为戒。

其他购买技巧，可以到：www.taobao.com/university/index.php进行进一步学习。

希望电子爱好者，借助网络的翅膀，能够更好地在电子购物世界里翱翔。

器探头还可以进一步扩大输入范围，不过如果使用示波器探头测量高频信号时建议使用输入电容小的100MHz的示波器探头。图1所示为测量20MHz晶振、6MHz晶振和晶体管中波收音机振荡电路时的程序运行情况：

电路原理

本机的原理图见图2，其中的输入放大部分参考了以前《无线电》杂志上介绍的频率计的输入放大部分，其中C402、R401、R402、VD401、VD402构成了输入衰减和限幅电路，VT201和VT202及其周边电路构成了放大限幅电路，频率计的被测电压应该限制在20V以内。调整R205的值可以调整输入信号的灵敏度，如果降低R205的值可以提高仪器的灵敏度。核心电路与USB接口示波器、USB接口逻辑分析仪相同，采用了一片PIC18F2550作为核心电路完成频率的测量及与计算机接口工作，输入放大部分的输出直接送入PIC18F2550的TIMER1/TIMER3定时器外部脉冲输入引脚，单片机使用软件定时对TIMER1/TIMER3定

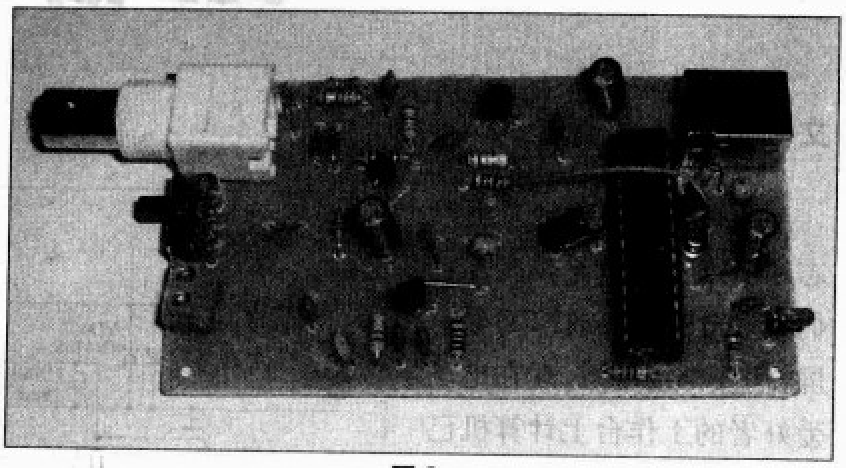


图3

频率测量程序

```
cycles8=0;
cycles=0;
freqc_high=0;
t1_overflow=0;
setup_timer_1(T1_EXTERNAL|T1_DIV_BY_1); // 计时器1采用外部计数，预分频系数为1
set_timer1(0);                          // 初始化计数器1
/* ___ 软件计时1秒 ___ 每个指令2ns  */
while (cycles!=0xFF) {                  // 条件成立=3条指令，不成立=4条指令
  cycles8=0;                            //1条指令
                                        // 内循环
  while (cycles8!=0xFF) {               // 条件成立=3条指令,不成立=4条指令
  if (t1_overflow)                      // 条件成立=3条指令,不成立=4条指令 //----|
  {t1_overflow=0;freqc_high++;}         //6条指令            //   |
 else                                   //     |-- 共计9条指令
{delay_cycles(5);}                      //5条指令    //----|
delay_cycles(62); //62条指令
cycles8++; //1条指令
         }
      delay_cycles(216);                //216条指令
      cycles++;                         //1条指令
   }
   delay_cycles(211);                   //211条指令
   /* ___ 结束1秒计时 ___ */
   setup_timer_1(T1_DISABLED);          // 关闭TIMER1计时器
   if (t1_overflow)                     // 最后确认一下计时器1是否溢出
     freqc_high++;
    freqc_low=get_timer1();             // 读入计时器1的值
    freq=make32(freqc_high,freqc_low);  // 将计数器的高、低16位值组和成一个32位值
```

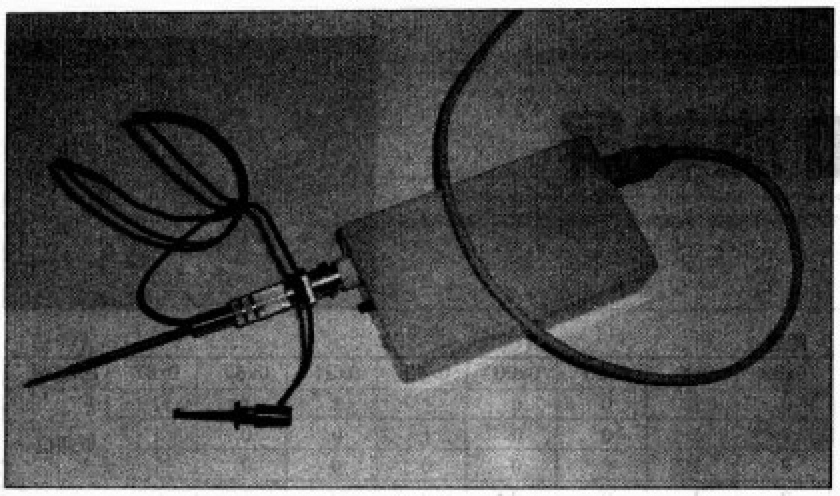


图4

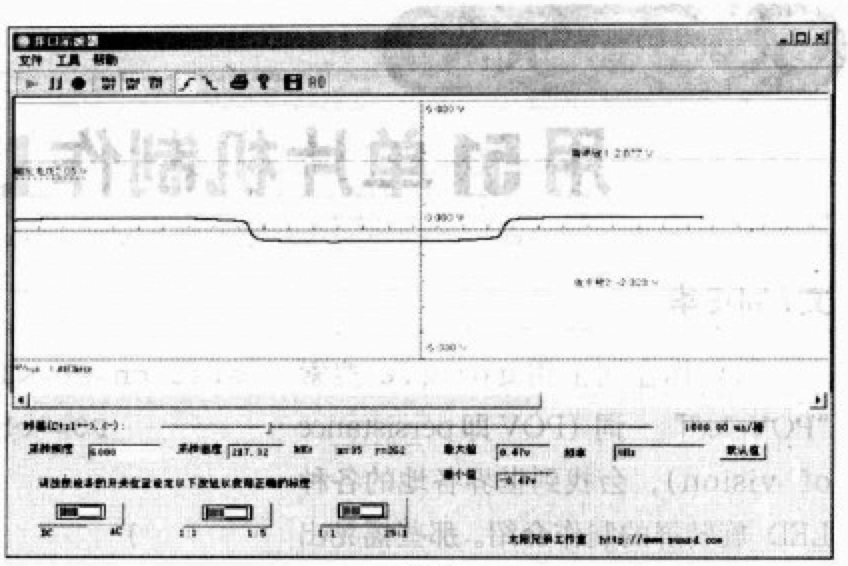


图5

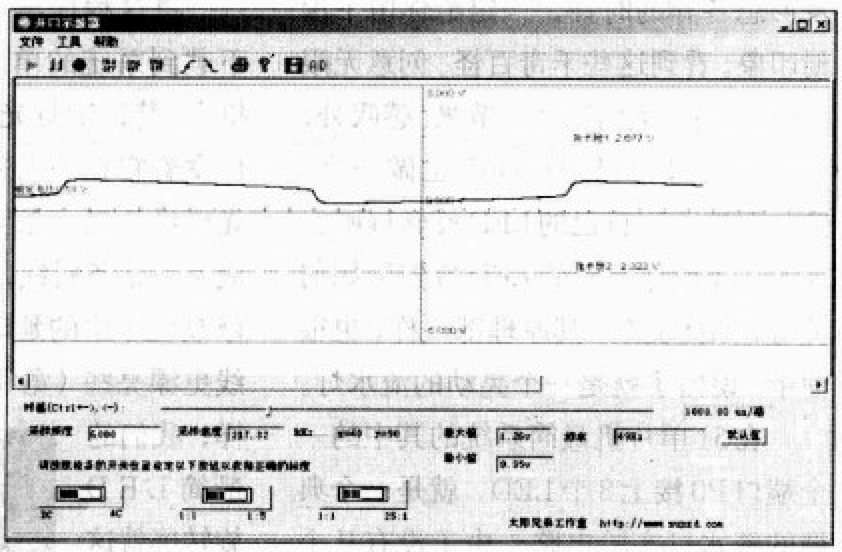


图6

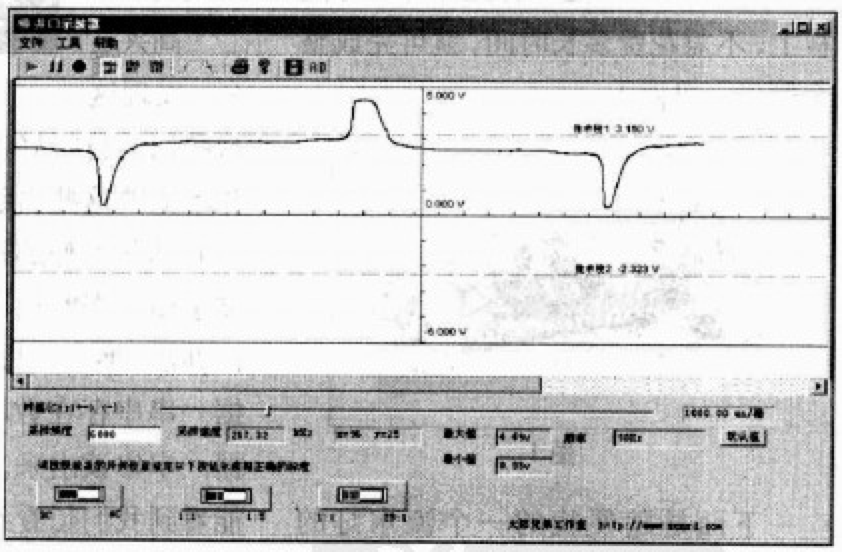


图7

时器外部脉冲输入引脚的输入脉冲进行计数，从而获得频率值。VT1及其周边元件提供了晶振测量功能，可以对3MHz～30MHz的晶体振荡器进行测试，以完成晶体配对等工作。S4用于频率计与晶振测量的切换。

软件与使用

软件同USB接口示波器和逻辑分析仪一样，单片机部分采用PICC编写，计算机部分采用VC6.0编写，唯一不同的是示波器采集AD端口的模拟信号，逻辑分析仪采集PORTB端口的数字信号，而频率计是利用了单片机TIMER1对脉冲进行计数。利用软件计时，测量频率，其中单片机的频率测量部分代码已列出。

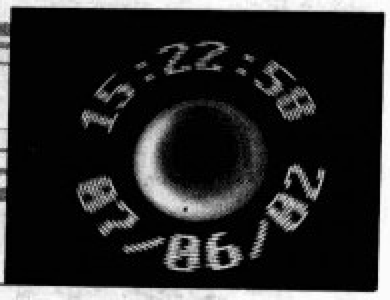
读者可以参考其中的注释，对程序进行分析。PC机的软件只起到一个USB接口和显示作用。本机的使用极为简单只要将频率计硬件插入计算机任意一个USB口，运行软件，选择频率或晶振测试就可以了。对于有源晶振，需要自建电路，提供电源，然后使用本机的频率测试档测试。单片机的写片文件USBFreq.hex和PC机软件USBFreq.exe见本期配刊光盘。

安装与调试

本机的装调比较简单，同USB接口示波器和逻辑分析仪一样要使布线尽量短，以减少不必要的干扰，图3和图4分别为在单面板上安装完成的照片和装入与USB接口示波器及USB接口逻辑分析仪相同外壳内的照片，其中使用了与USB接口示波器相同的探针，制作方法参见以前的文章，图5为一种单面板的实现，供参考。安装过程中可以先安装输入限幅放大部分及有关电源的部分，先不要插入单片机，用万用表测量一下C302两端是否存在短路现象，如果正常，插入计算机任意一个USB端口，在输入端接入50Hz10V以内的交流信号，将输入选择选在频率测量挡，使用本刊介绍过的并口示波器或USB口示波器分别测量频率／晶振测量转换开关的3脚、VT201的源极以及VT202的集电极，图5、图6和图7分别为使用并口示波器测量这3点的正常波形，如不正常，可以参照电原理图分别检查对应的部分，最后安装写好程序的单片机，插入计算机任意一个USB口，计算机应能提示找到一个名为www.sunxd.com的设备，即使以前使用过USB接口示波器和逻辑分析仪，也应能找到这一名称的设备，虽然三个设备的名称相同，但其设备码不同，所以三台设备可以同时接在同一台计算机上，而互不干扰地同时工作，协作完成对模拟、数字混合电路的测量工作。

五花八门流水灯

用51单片机制作LED旋转屏



文/周正华

如果你在网上用google搜索“POV led”一词（POV即persistance of vision），会找到世界各地的各种LED旋转屏的制作介绍。那些摇晃出的空中图案，漂浮在车轮上的动画，以及形态各异的时钟，一定给你留下深刻印象。看到这些千奇百怪、创意无限的电子作品，除了羡慕、敬佩、感叹外，你是否想过自己亲自动手也做一个，做一个属于你自己的LED旋转屏呢？其实，无论你看到的LED旋转屏如何神奇，如何复杂，其原理都一样，也很简单，说白了就是一个晃动的流水灯。

在51单片机最简系统的其中的一个端口P0接上8个LED，就是一个典型的流水灯实验电路。由于没有几个元件，说干就干，把所有元件焊在万能板上，不需花费多长时间，就可完成整个制作，见图1。

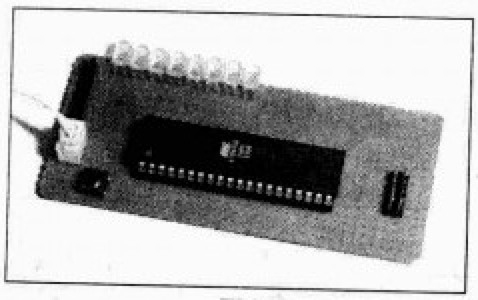


图1

下面是随便找的一个流水灯的C51程序

```
#include <reg51.h>
void main(void)
{
  unsigned int i,ch;
  ch=0x01;
  while(1)
  {
    for(i=500;i>0;i--);
    if(ch==0x00) ch=0x01;
    else ch=ch<<1;
         P0=~ch;

    }
  }
```

将这程序编译下载到系统的单片机上，待LED灯光开始正常开跑后，我们拿着它在手上来回晃动，你发现这光已经不是一条竖直线了，它已经变成了一条条斜线，见图2。你可以适当修改程序中的延时，让这一连串的斜线更漂亮些（宽和高基本一致），怎么样，我们的最简LED旋转屏就这样做成了。

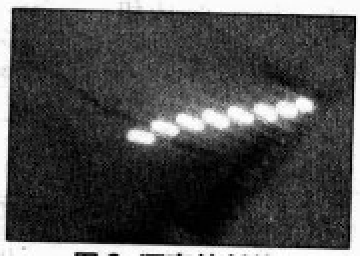


图2 漂亮的斜线

高兴之余，发现这与我们的目标好像还有点遥远，我们并不需要这些斜线，怎样才能做出网上的那些大虾那样显示的各种各样的文字图案呢？接下来，我们还得想其他办法，换一下思路，将需要的图案数据一串串存在数组中，运行时又将数据一串串读出来，驱动LED，这样就能看到我们想看到的图案了。

下面是用此思路编的流水灯C51程序

```
#include <reg51.h>
code unsigned char led[]
={0x01,0x02,0x04,0x08,0x10,
0x20,0x40,0x80};
void main(void)
{
  unsigned int i,j;
  while(1)
    {
      for(j=0;j<8;j++){
        P0=~led[j];
        for(i=3000;i>0;i--
);
      }
    }
  }
```

运行看一下，结果与我们的第一个程序效果是一样的，但这个程序的优势在于我们可以按我们的要求，改变数组中的数据来驱动端口上的LED，达到我们预期的显示效果。这可以说是流水灯的万能程序。这样我们迈出了第一步。

再来看如何产生需要的图案。

现在我们让LED显示数字12为例，我们先做一个表，见附表。

附表

0x82	0xff	0x80	0x00	0xe3	0x91	0x89	0x87	16进制
0	1	0	0	1	1	1	1	低四位
1	1	0	0	1	0	0	1	
0	1	0	0	0	0	0	1	
0	1	0	0	0	0	1	0	
0	1	0	0	0	1	0	0	高四位
0	1	0	0	1	0	0	0	
0	1	0	0	1	0	0	0	
1	1	1	0	1	1	1	1	

这样我们得到了我们的一组扫描码{0x82,0xff,0x80,0x00,0xe3,0x91,0x89,0x87}，将前一程序的数组数据改成我们得到的扫描码，我们得到新的C51程序：

```
#include <reg51.h>
code unsigned char led[]
={0xf1,0x91,0x9f,0x00,0x01,
0xff,0x41,0x00};
void main(void)
{
  unsigned int i,j;
```

```
while(1)
{
  for(j=0;j<8;j++){
    P0=~led[j];
   for(i=600;i>0;i--);
  }
  for(i=8000;i>0;i--);
  for(i=8000;i>0;i--);
 }
}
```

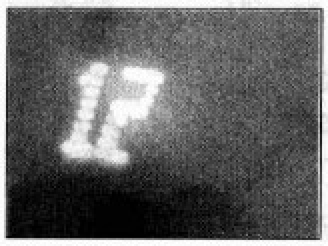


图3 浮在空中的“12”

编译下载后，将运行中的电路板来回晃晃看，哈，“12”已隐约出现在眼前，见图3，哈哈，成功离我们已经不远了。

最后是发挥部分。接着要做的事就是解决如何让这些LED运动，如何检测运行时的开始和结束，如何给运动着的系统供电，如何控制运动着的系统等等。不同的解决方案造就各具特色的LED旋转屏。

用上面的办法对一些简单图案还能行，当遇到LED个数多或图文复杂时，用这样直接取码的工作量就会很大，这就需要借助专门的软件根据要显示的字符和图案自动生成扫描码。好在网上有不少这类软件可免费下载，免去了手工取码之苦。

制作实例——旋转LED时钟

本制作的设想将整个屏分为上下两部分，上端显示时分秒，下端显示年月日。

具体方案是在长型电路板两端设置两排LED，这样能在高速的旋转下保持旋转较好的平衡性，另一个好处是可利用两端的LED在旋转过程中，采取交替显示方法，每旋转一周两端都各显示“时分秒”和“年月日”各一次，这样与单排的方案相比，如要达到同样显示效果，单排的转速必须提高一倍。

为能较好显示汉字和图案，每端都用16个LED作显示，除显示时钟外，也可以作为多功能的显示屏。

由前面原理看，软件设计方面并不难，而较难解决的问题是：

1.如何给高速旋转的电路板提供电源？我采用电机电刷的原理，将旋转轴钻空，通过一只插头将电源从反面引到前面的电路板上，而这个旋转的插头又与固定在背板上的两个铜片接触，将电源传输到主板上。

2.在必须旋转才能显示情况下，由于主板也在旋转，调时成了一大问题。当时思考有两种方案，一是通过串口，用电脑直接传输时间数据后，再开始旋转显示屏。二是采用红外线遥控方式调时，最终采用的是后一种方案。遥控器用的是松下车载机的，只用了其中的6个键，见图4。

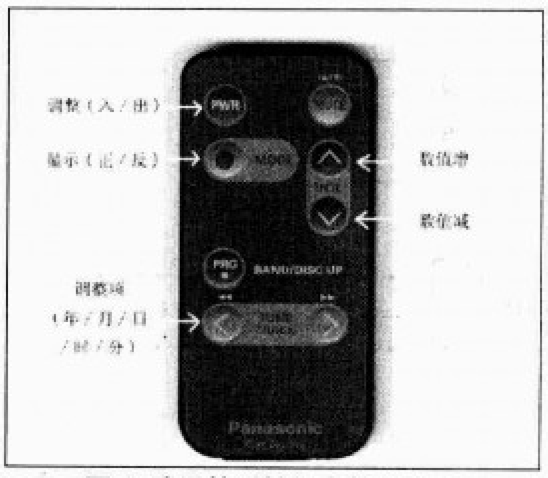


图4 选用的遥控板和按键定义

一、旋转电机的制作

从制作成本和方便考虑，选用旧电脑用的大软驱上的直流无刷电机，只是对局部进行改造，具体制作过程如下：

1.将电机从软驱上取下，然后小心将电机带圆盘的铝主轴拆出，见图5、图6。

2.根据你手上的插头直径大小在拆下的主轴中心打一个孔，让插头刚好穿过，见图7。

3.在主轴的盘上钻四个固定系统板的孔，并通过一薄铝片将插头固定在拆下的主轴中，见图8。

图5 用的是这种古董软驱上的电机

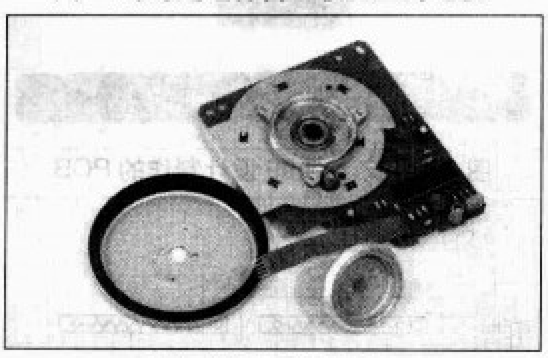


图6 拆开后的电机

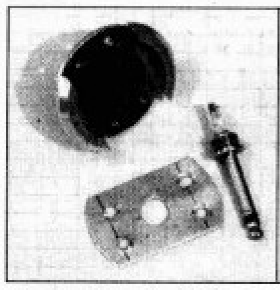


图7 加工好的中心轴和其他配件

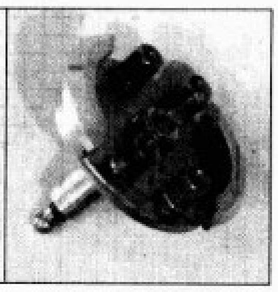


图8 装配好的中心轴

4.按拆开时的顺序，反序将电机安装还原，见图9。

5.用两片弹性较好的金属片安装在一张空板上，将它们作为电刷与主轴中插头的内外两端接触，见图10、图

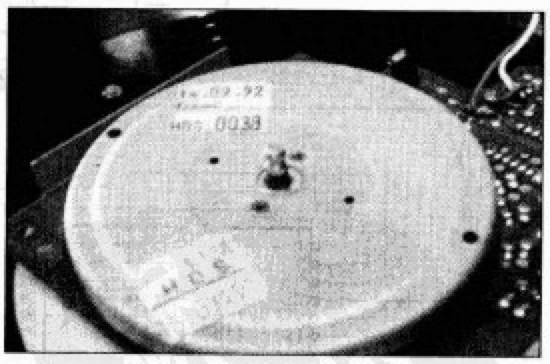


图9 安装好后的电机

图10 用两金属片作电刷

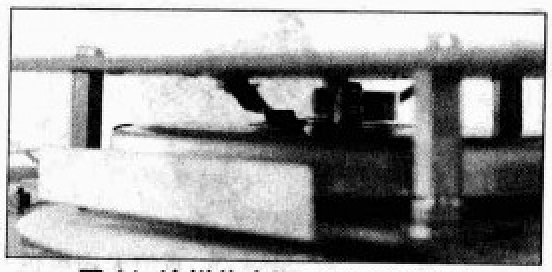


图11 这样将电源引入系统主板

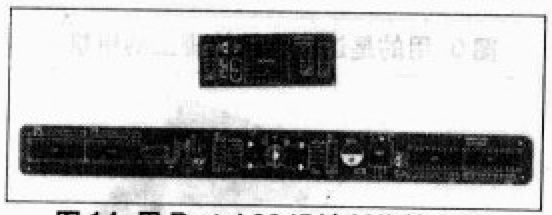


图14 用Protel 99设计制作的PCB

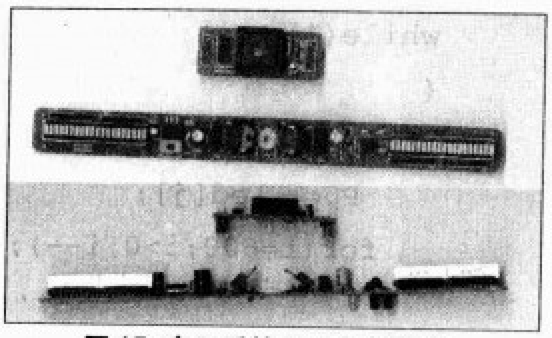


图15 完工后的正面与侧面图

图16 传感器挡板的安装

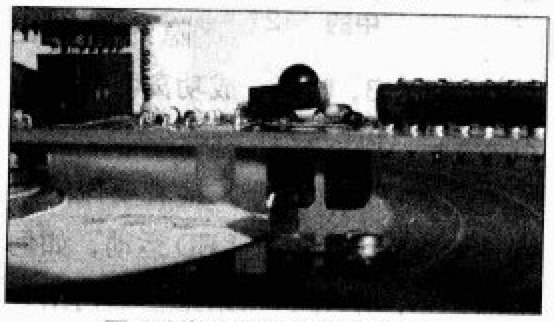


图17 传感器与挡板局部图

图18 完成的作品

11。

二、电路板的制作及安装

本制作用51单片机控制，具体电原理图见图12、图13。用Protel 99设计制作的电路板见图14，焊好的成品板见图15。

完成前面的电机制作后，整个安装相对来说就简单许多。根据电机的具体尺寸将一张黑胶唱片打孔后安装在电机上，作为显屏的衬背，然后在唱片上安装两小金属片，作为传感器挡板，见图16、图17。安装这两个挡板特别要注意，一定要与唱片中心点在一条直线上。最后将电路板安装在电机主轴的铝盘上。

将电机和系统板之间的连线接好后，就可正式开始运行了。

三、单片机的C51源程序

见本期配刊光盘。

四、运行效果

图18是最后完成的成品，运行时的效果见题图。

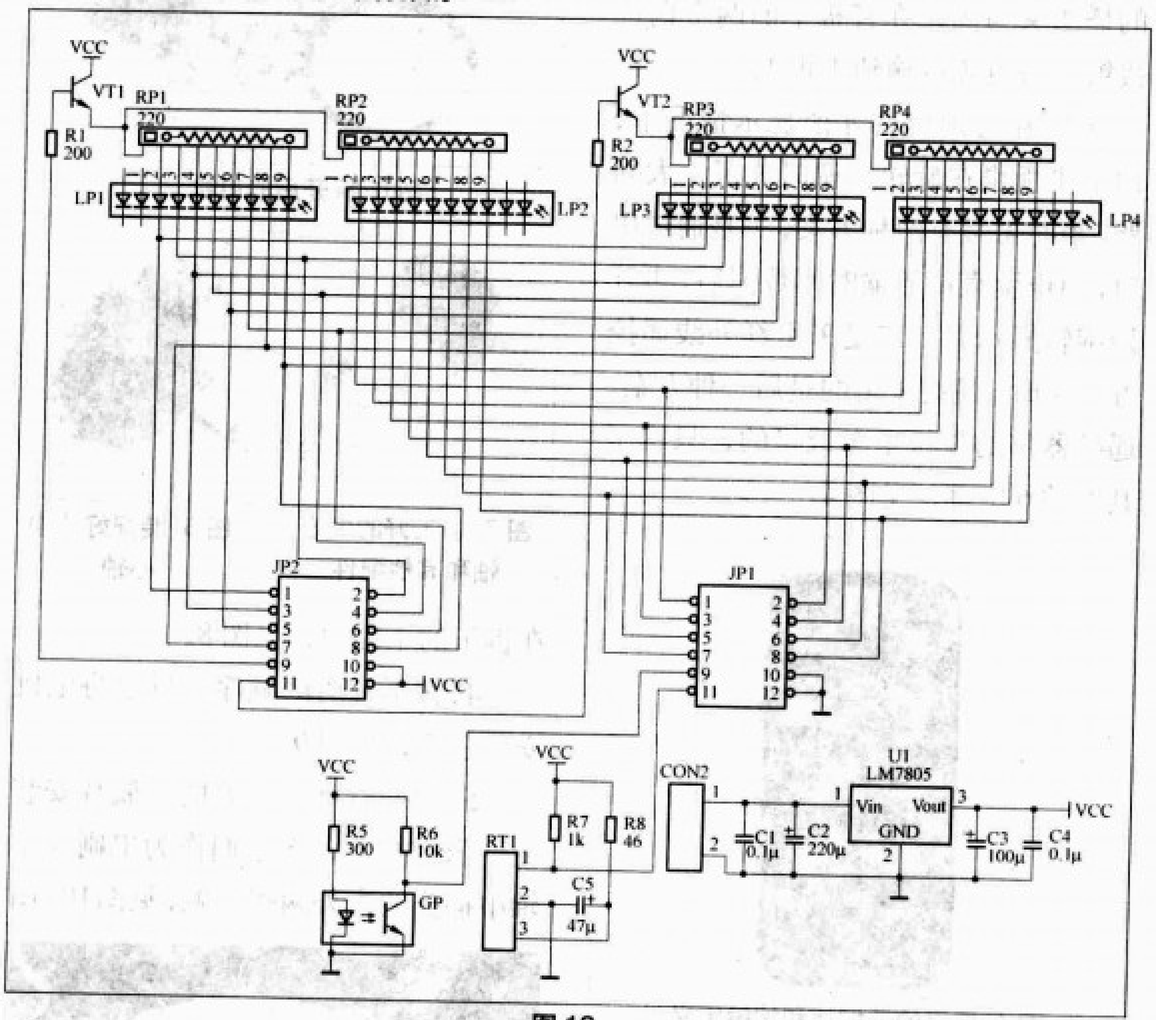


图12

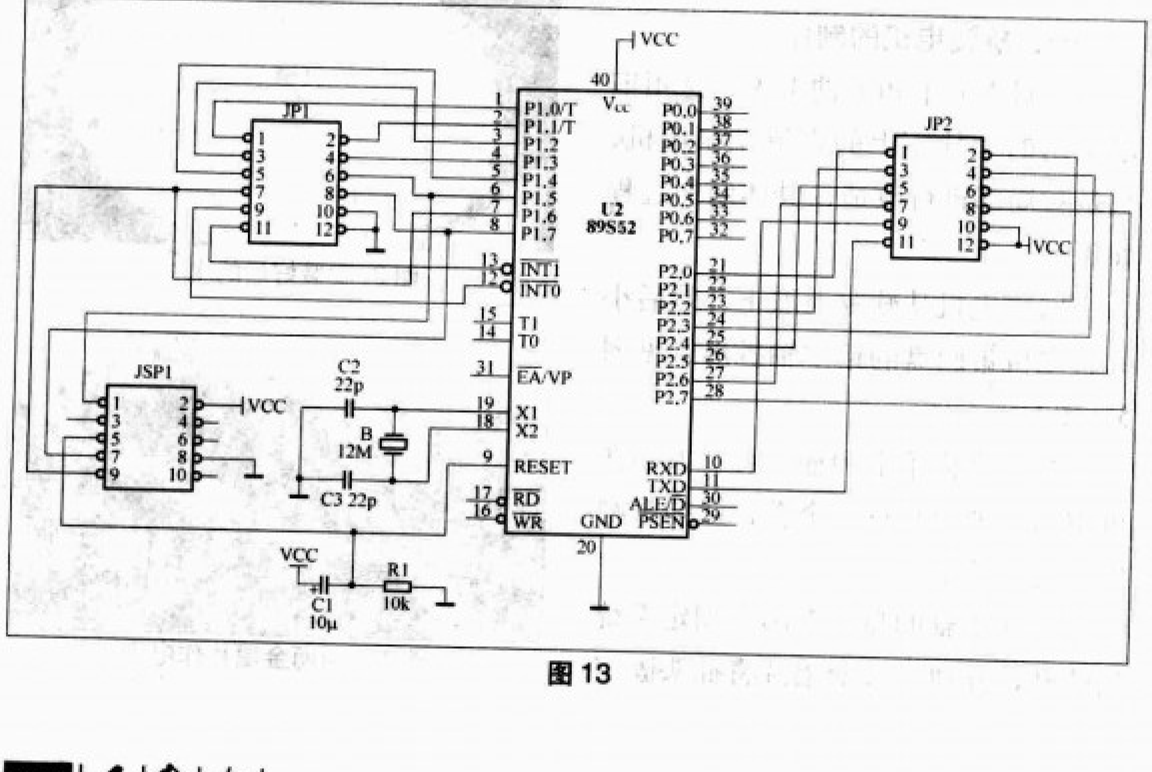


图13

用单片机做的多功能LED彩灯控制器

文 / 王国俊

现代城市的夜晚被彩灯点缀得五彩缤纷，给人们以美的享受。彩灯种类繁多，但有一种趋势，冷光源、低功耗、寿命长的LED已渐成主流。笔者在业余时间设计了一套利用单片机对LED彩灯的控制系统，实物如图1所示，经实际使用效果较好。

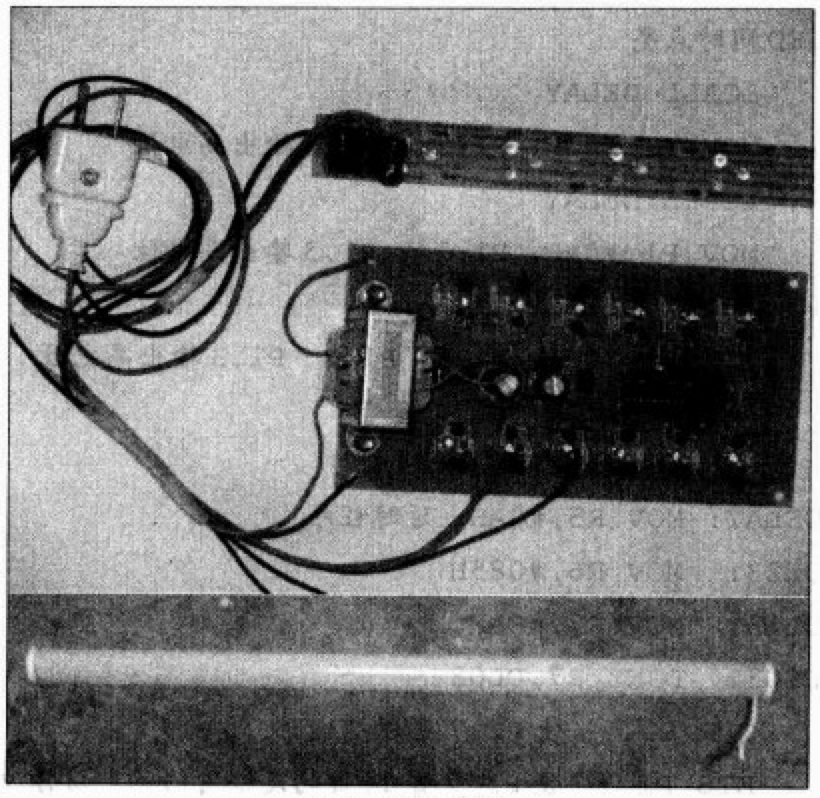


图1 实物电路

该控制器具有以下特点：

1.用当今最流行的AT89C2051单片机控制，体积小，成本低，程序简单。

2.采用硬件看门狗电路，避免了在复杂环境下的死机现象。

3.采用高亮度，发光角度不同、发出不同基色的LED组成灯管，通过脉冲控制，按一定要求点亮，发出红、绿、蓝或组合的颜色。给人以视觉享受。

现将该电路的工作原理介绍如下，供广大爱好者参考。

硬件电路

1.电源部分

电源电路见图1，220V的交流电压经变压器T1降压，桥式整流电路VD1～VD4整流，电解电容C1滤波，三端稳压器LM7805稳压，再经过C3滤波，最后得到整机要求的5V直流稳定电源。

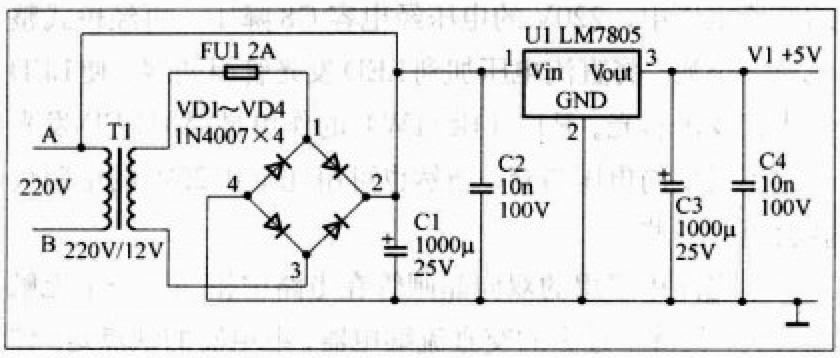


图2 电源电路

2.单片机系统

单片机控制电路图见图3，IC2为AT89C2051单片机。C5和R1组成上电自动复位电路，C6、C7以及6MHz晶振组成时钟电路，电阻R2～R9，R10～R13为P1和P3的部分口的上拉电阻，将P1和P3部分口设为输出口，IC1为IMP813L看门狗电路与IC2组成看门狗复位电路。当P1和P3口外接负载时，由程序控制使P1口和P3口输出一定的高低电平。后续电路按一定要求导通和截止，使LED灯组按一定规律导通并发出不同的基色。当主电路受到外界电磁场干扰时，单片机出现死机现象，P1.7口不能在规定的时间内向看门狗电路IMP813L第6脚输出脉冲信号，看门狗电路对主电路进行复位，使电路重新进行工作。

3.LED发光电路

由三极管VT（9013）组成晶闸管VS（97A6）的触发电路，降压电容C8（334J/400V）输出电流由公式$I = C/14.5 = 0.33/14.5$约为22mA的电流，实际电流根据负载的大小要比理论电流小一点。桥式整流电路和LED发光管

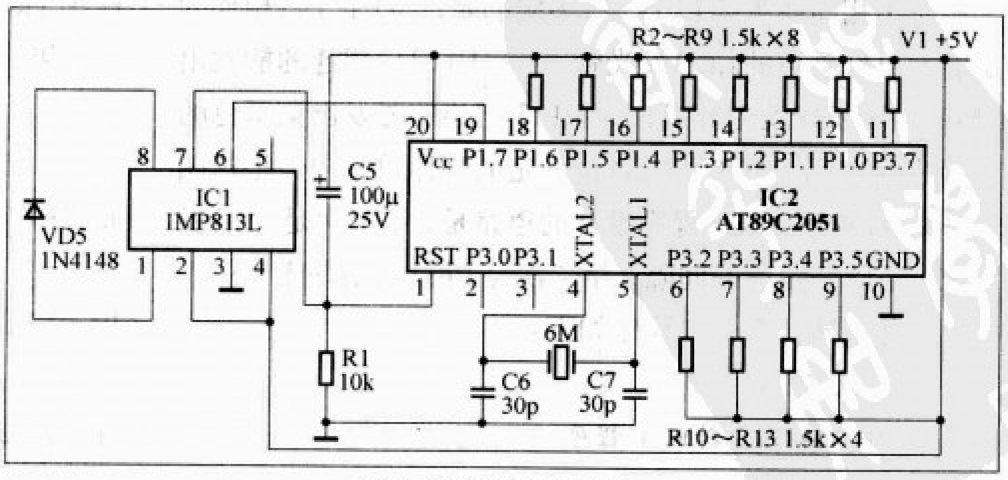


图3 单片机控制电路

附表 LED特性表

LED（5mm）	工作电压（V）	工作电流（mA）	发光角度
白发红	1.9~2.1	20	根据实际需要选择不同的角度。
白发蓝	3.0~3.4	20	
白发绿	3.2~3.4	20	

（LED特性见附表）等组成LED发光电路，见图4。如当P1.1口输出高电平时，三极管VT管导通，相当于给晶闸管VS一个触发信号，晶闸管VS导通，将后续电路直接接到220V的交流电压中，220V的电压经电容C8降压，再经桥式整流电路整流，将直流电压加到LED发光管组两端，使LED发光管发出彩光。R17（1k/1W）的作用是保护LED发光管组不受反向电压击穿，当然也可用几个0.25W的电阻代替会更好一些。

本电路中采用的双向晶闸管在电路中相当于一个无触点开关，代替了过去的交直流继电器，继电器的缺点是：体积大，工作时有噪声，价格相对较高，特别是不能适应频率较高的场合。而本电路中的晶闸管虽然不能将强电和弱电隔离，但它不会出现上述现象，而且性能价格比高。

本电路从P1.0口到P3.7口共有12个输出口。只要接上如图4所示的能发出不同基色的LED发光管组，再将能发出不同基色的LED发光管组按一定规律组合在一起，就可得到你意想不到的灯光效果。

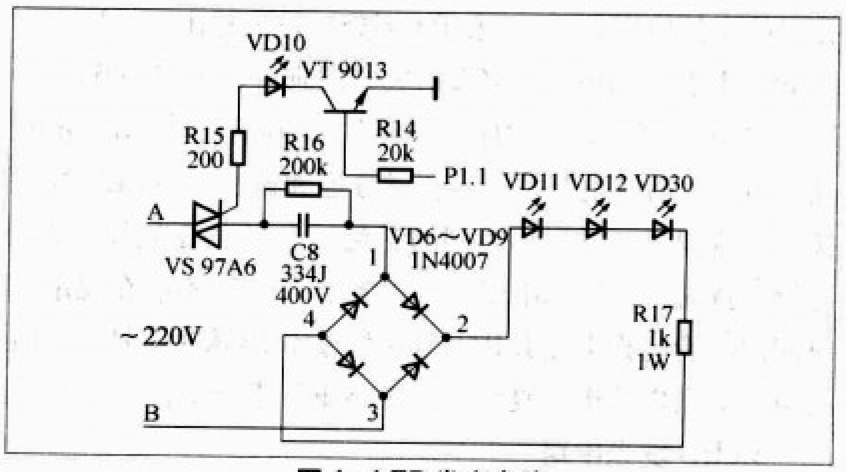


图4 LED发光电路

软件设计

我们的目标是将图4（即LED发光电路）做成3组相同电路，分别接在P1.1、P1.2和P1.3口，每组选用20到30个能发出相同颜色的LED。所不同的是，与P1.1口相连的是能发出红基色的LED发光管组；与P1.2口相连的能发出绿基色的LED发光管组；与P1.3相连的能发出蓝基色的LED发光管组。将3组LED按一定的规律放在同一根透明的PVC灯罩下。以下程序设计的思路是，第一次是LED发出红光，隔一定时间间隔，第二次是LED发出绿光……一共有7种不同的组合，程序如下：

```
    ORG 0000H
    LJMP MAIN；转向主程序
    ORG 0030H
MAIN: MOV SP,#60H；设置堆栈栈底
    MOV PSW,#00H
    MOV A,#00H
    MOV P1,A ；置0  P1口
    MOV P3,A；置0  P3口
MAIN1: MOV P1,#02H；P1.1输出高电位，LED发红光
    LCALL DELAY；调用延时程序
    MOV P1,#04H；P1.2输出高电位，LED发绿光
    LCALL DELAY
    MOV P1,#08H；P1.3输出高电位，LED发蓝光
    LCALL DELAY
    MOV P1,#06H；P1.1 ，P1.2输出高电位，使两组
LED同时点亮
    LCALL DELAY
    MOV P1,#0CH；P1.2 ，P1.3输出高电位
    LCALL DELAY
    MOV P1,#0AH；P1.1 ，P1.3输出高电位
    LCALL DELAY
    MOV P1,#0EH；P1.1，P1.2，P1.3输出高电位
    LCALL DELAY
    SJMP MAIN1
DELAY: MOV R5,#0AH；延时程序
DL23:  MOV R6,#085H
DL13:  MOV R7,#FAH
DL03:  DJNZ R7,DL03
    CLR P1.7；使P1.7置0
    ETB P1.7；使P1.7置1，目的是给看门狗电路脉冲
信号
    DJNZ R6,DL13
    DJNZ R5,DL23
    RET
```

当然也可以根据实际需要，改变延时程序的时间，改变能发出不同基色的LED发光管组在电路板中的位置，改变程序（即改变单片机输出口的脉冲顺序），就能得到多种变化效果。

常见故障

1. LED发光管组不亮有可能是双向晶闸管VS的引脚T1和T2接反。

2. 发光二极管对静电十分敏感，若在焊接时不加保护，LED容易击穿。

3. 程序在设计时一定要在规定时间内给看门狗电路脉冲信号，否则程序不能正常运行。

单片机编程工具 DIY

编者按：调试器对于单片机的初学者来说是必须的，然而面对市场上少则二三百，多则上千元的调试器，很多对于单片机感兴趣的朋友都望而却步。本次活动就出于这个目的，与深圳乾龙盛电子科技有限公司（网址：www.pic16.com）合作，为大家提供100套简单实惠的EZ—ICD2调试器的电路板和主控芯片，对此感兴趣的读者，可以通过电子邮件（E—mail：zhangyan@radio.com.cn）的方式来申请，来信主题请注明“EZ—ICD2套件申请”，并请在信件中注明姓名、邮编、地址、单位、联系电话和应用设想，申请截止日期为2008年4月15日。我们会在《无线电》网站（www.radio.com.cn）上公布获赠名单。

一起来制作PIC单片机简易调试器——EZ-ICD2

文/唐永红

与初学者的交流中，经常有人问怎么学单片机，怎么入门。搜遍了网上所有资料，几乎所有回答都是：先看书，然后动手做实验。提到实验就少不了工具，如实验板、编程器、调试器（仿真器）。由于调试器配合PC机可以模拟程序的运行，监控程序的运行状态，并实时地把运行结果显示给使用者参考，以方便查找程序中的错误等。由此可见调试器对于开发工程师和初学者的作用。但市场上成熟的调试器价格都比较昂贵，少则几百，多则数千元。本文向读者推出的EZ-ICD2调试器，正是这样一种产品。经笔者测试使用，证明该产品电路简单、工作稳定、成本低廉、容易制作。支持大部分常用PIC单片机的调试和烧写。特别适合初学者DIY使用。现把制作过程介绍如下，希望能对大家有所帮助。

调试器特点

该调试器具有如下特点：

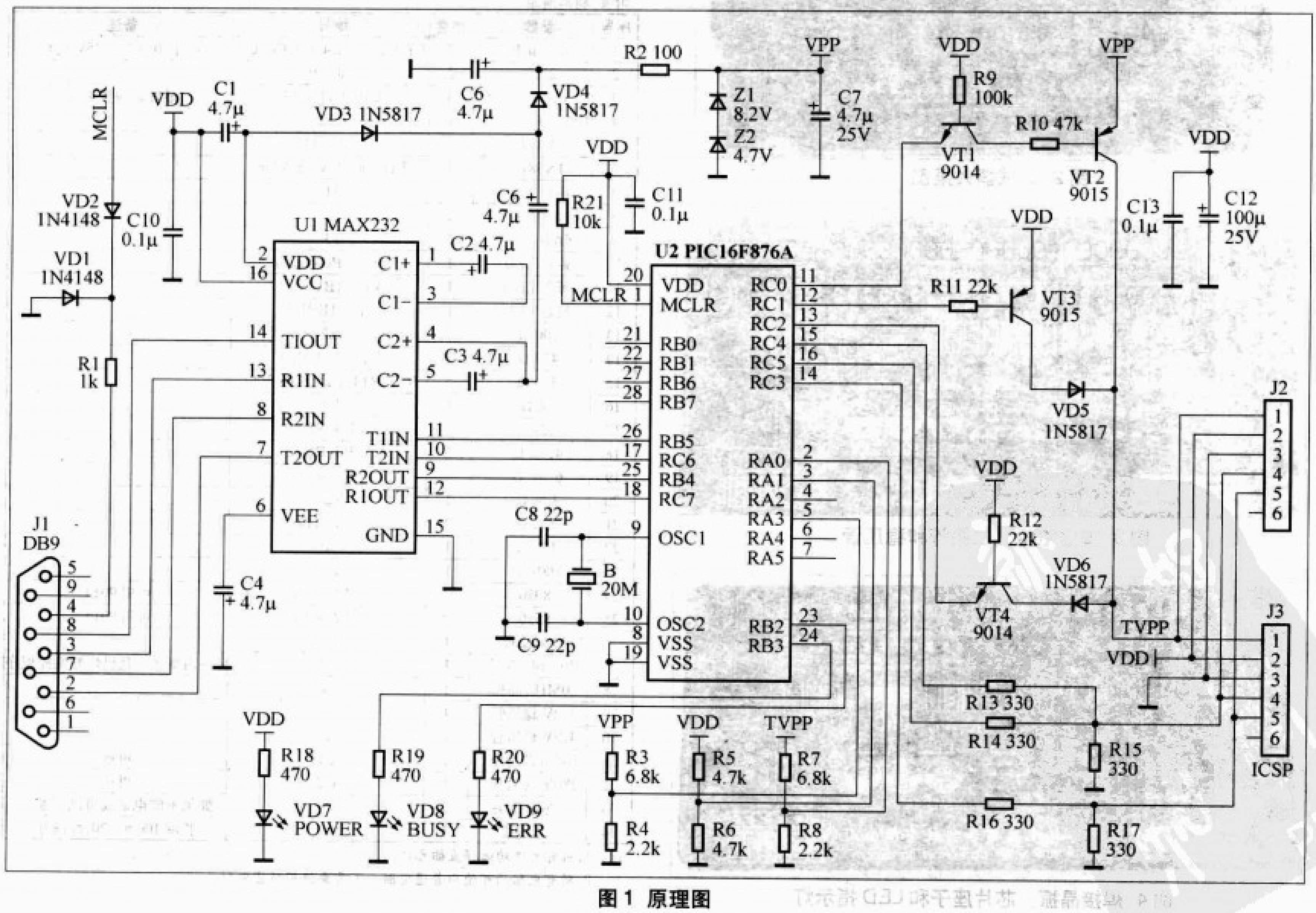


图1 原理图

1.使用串口与PC连接，虽然速度受到一定的限制，但是可以保证通信稳定。

2.使用Mplab ide 6.x以上版本集成开发环境，软件可以免费从网上获取。

3.支持PIC16F87x等常用芯片的仿真和大部分PIC芯片的擦除、烧写和读取。

4.电路简单，成本低廉，使用材料均能在各地方电子市场找到。特别适合初学者DIY使用。

5.工作电源从用户开发板（目标板）获取，使用倍压电路产生烧写高压。

6.调试器体积小巧，携带方便。

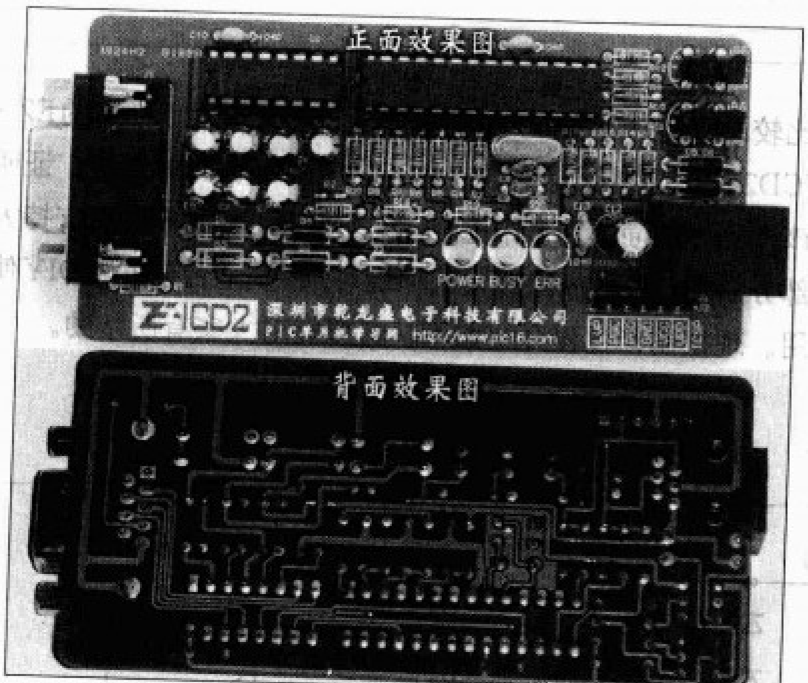


图2 调试器效果图

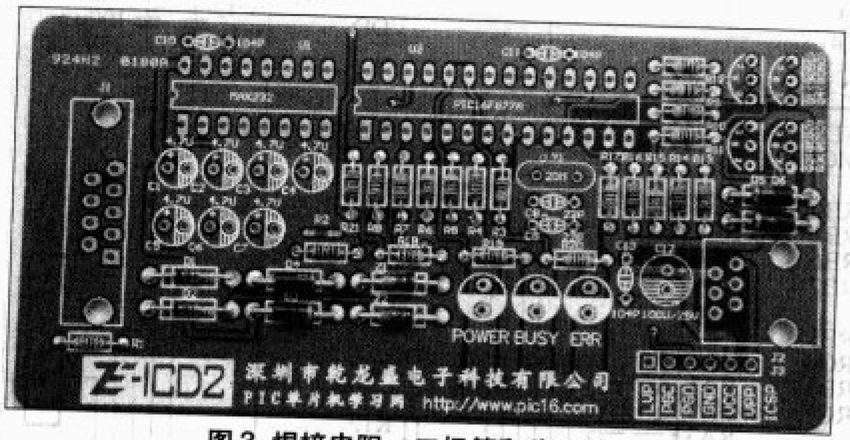


图3 焊接电阻、二极管和稳压管

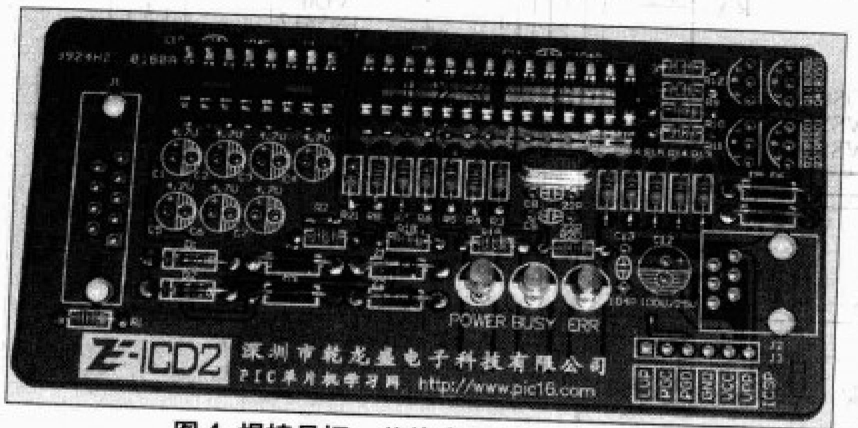


图4 焊接晶振、芯片座子和LED指示灯

调试器的制作步骤

该调试器的原理图见图1，制作好后的调试器见图2，所需材料见附表。具体制作步骤如下：

第一步，焊接所有电阻元件、二极管和稳压管，见图3。电阻元件均不用考虑极性，如果不能确定电阻值，最好先使用万用表测量。特别注意电阻R3、R4、R5、R6、R7、R8的值不能与标准值相差太远；二极管和稳压管均为有极性的元件。焊接时要特别注意。1N5817一般为黑色，有白色圆圈的一端为负端；1N4148一般为红色，有黑色圆圈的一端为负端；8.2V和4.7V稳压管一般也是红色，有黑色圆圈的一端为负端。在PCB上有短杠端为负端。元件极性不确定时，请先用万用表等确认。

第二步，焊接晶振、芯片座子和LED指示灯，见图4。晶振为无极性元件，焊接时尽量保证紧贴PCB板面；为了方便以后拆卸IC，建议使用芯片座子；LED指示灯为有极性元件，一般长引脚为正端，短引脚为负端，PCB上白色端为负端，另一端为正端，极性不确定时请用万用表等先确定。

第三步，焊接所有的三极管和电容，见图5。三极管均

附表 材料清单

序号	参数	数量	编号	备注
1	4.7μF	7	C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7	可用10μF/25V代替
2	22pF	2	C8 C9	
3	0.1μF	3	C10 C11 C13	最好选陶瓷电容
4	100μF/25V	1	C12	
5	1N4148	2	VD1 VD2	
6	1N5817	4	VD3 VD4 VD5 VD6	
7	串口座子	1	J1	
8	6pin电话座	1	J2	
9	6pin排针	1	J3	
10	蓝色LED	1	VD7（POWER）	
11	黄色LED	1	VD8（BUSY）	
12	红色LED	1	VD9（ERR）	
13	100Ω	1	R2	
14	470Ω	3	R18 R19 R20	
15	330Ω	5	R13 R14 R15 R16 R17	
16	1kΩ	1	R1	
17	2.2kΩ	2	R4 R8	
18	4.7kΩ	2	R5 R6	
19	6.8kΩ	2	R3 R7	
20	10kΩ	1	R21	
21	22kΩ	2	R11 R12	
22	47kΩ	1	R10	
23	100kΩ	1	R9	
24	8050	2	VT1 VT4	可用9014
25	8550	2	VT2 VT3	可用9015
26	MAX232	1	U1	
27	PIC16F876A	1	U2	套件内赠送，且已烧好监控程序
28	20MHz晶振	1	B	
29	8.2V稳压管	1	Z1	
30	4.7V稳压管	1	Z2	
31	16pin芯片座	1	U1	可选
32	28pin芯片座	1	U2	可选
33	六芯水晶头	2		如果不做电话线可以不准备
34	六芯线缆	1		长度10cm~20cm最好

注：1.所有元件均选择直插元件。
2.所有电阻均可使用普通电阻，不需要使用精密电阻。

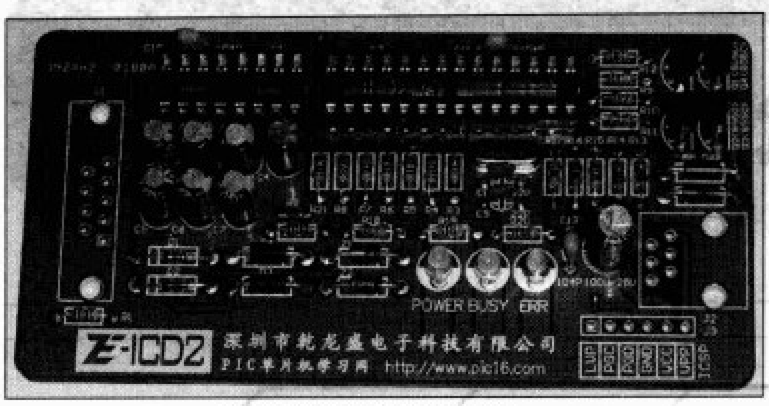


图5 焊接三极管和电容

为有极性元件，焊接时按PCB上的丝印形状焊接即可；焊接2个22pF的电容和2个0.1μF（104）电容，这些都是没有极性的；焊接9个电解电容，电解电容长引脚为正极，短引脚为负极，按PCB板上标示方向焊接即可。

第四步，焊接串口座子以及6pin电话座和6pin排针。6pin电话座和6pin排针可考虑具体使用情况确定是否焊接。

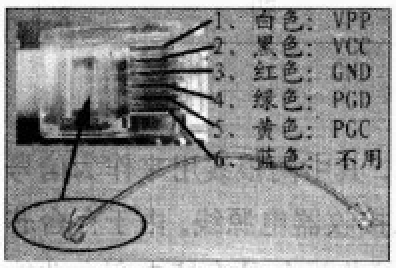


图6 连接电话线

第五步，制作如图6所示的连接电话线。如果您的用户板上没有电话座子，可以省略这一步，改用其他的线连接EZ-ICD2与用户板。

第六步，把PIC16F876A和MAX232芯片插到座子上。整个调试器焊接完成，如图2所示。

在使用之前，仔细检查是否有短路、焊接不良，是否有锡渣等，有条件的可以用洗板水清洗干净（清洗过程中尽量避免损坏塑料元件）

EZ-ICD2的使用

这里只简单介绍一下EZ-ICD2的使用，更加详细的资料可以从我们的网站获取，使用中有任何问题也欢迎与我们联系（www.pic16.com/ez-icd2.htm）。

1.按图7所示方法连接好EZ-ICD2跟用户板以及电脑。

2.下载Mplab ide集成开发环境。Mplab ide为microchip厂家免费提供的开发平台。可以从www.pic16.com网站上下载。

3.设置电脑的端口属性。具体操作为：在桌面上右键单击“我的电脑”→单击“属性”，打开“系统属性”→在系统属性里的“硬件”窗口里单击“设备管理器”，打开设备管理器窗口→在设备管理器中，展开“通信端口”及它的子项→右键单击与MCD2连接的端口，打开该端口的属性。把“流控制”改硬件；单击“高级”按钮，去掉“使用FIFO缓冲区”前的钩。重新启动电脑以使设置生效。

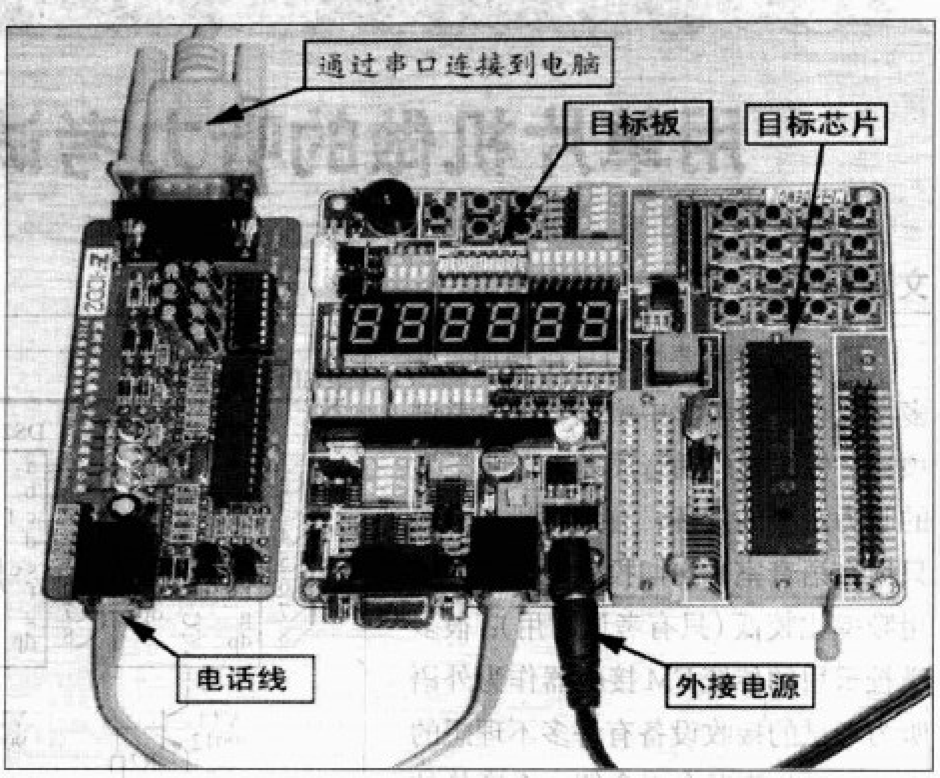


图7 连接EZ-ICD2和目标板以及电脑

4.用串口线连接EZ-ICD2到PC，用线缆通过6pin电话座或者6pin排座连接EZ-ICD2到用户板，并把调试的芯片放在目标板上。

5.接通用户板的电源，应该可以看到EZ-ICD2上的POWER指示灯亮，否则请检查连线。

6.打开Mplab ide集成开发环境，建立工程文件，编辑好源程序。

7.执行菜单命令Debugger→Select Tools选择MCD2做为调试工具。

8.执行菜单命令Debugger→MPLAB ICD2 setup Wizard按提示选择好芯片型号和PC端通信口（这里只能选择COMx）

9.执行菜单命令Debugger→Download ICD2 Operating System，更新调试器的固件。

10.编译好源程序。

11.执行菜单命令Configure→Configuration Bits设置好相关配置位。

12.执行菜单命令Debugger→Connect建立EZ-ICD2与用户板的通信。

13.执行菜单命令Debugger→Program把目标程序跟调试文件烧写到单片机内。

14.执行菜单命令Debugger→Run或其他运行方式调试目标程序。这时可以看到程序运行的结果。

15.如果更改了源程序，必须重复步骤9到步骤13。

此文只简单地介绍了EZ-ICD2的制作和使用，欲了解更加详细的信息，请访问我们的网站：www.pic16.com/ez-icd2.htm。

用单片机做的听力考试专用FM接收器

文/杨利宏

随着外语重要性的日益增加，许多学校在外语教学中增加了听力考试项目。传统的广播音质差，影响学生的听力水平的发挥；有线耳机（一般只用在语音室）初期投资比较大，使用频率比较低（只有考试时用）；很多学校采用的传统FM接收器作为外语听力考试的接收设备有许多不理想的地方，因此笔者今天介绍一个廉价的带有自动锁台功能的FM接收器。

目前市面上自动搜台的FM接收器是比较常见的，然而同时具有搜台和锁台功能的FM接收器却比较少，但是在某些特殊场合下锁台功能却十分有用 ，比如考试专用FM接收器，这种接收器的特点是接收设备的接收频率可调，又可以被校方锁定。这样设计的好处有以下几点：

1.可以根据考试当天的无线电情况选择一个局部不受干扰的FM频段。

2.可以锁定FM频段，避免学生由于手动调台错误，影响考试听力成绩。

3.也可以避免人为的无线电作弊事件（目前已经有几款手机带有短距离无线电发送功能）。

设计原理

考试专用FM接收器主要由两个部分组成，如图1所示，一个是FM调台器，另一个是FM接收器。FM调台器是为校方准备的，采用矩阵键盘输入方式；FM接收器主要是让每个考生考试时接收使用的。调台器和接收器在设定电台频率时采用通用的USB线连接，其中两根线用来作为信号传输，另外两根线用来作为FM接收器电源线。由于存台芯片采用EEPROM芯片，因此该接收设备具有掉电存台功能（目前市面上可掉电存台的FM设备都比较贵）。在调整好电台后拔去连线，这样FM接收器就只能接收固定电台的信号。

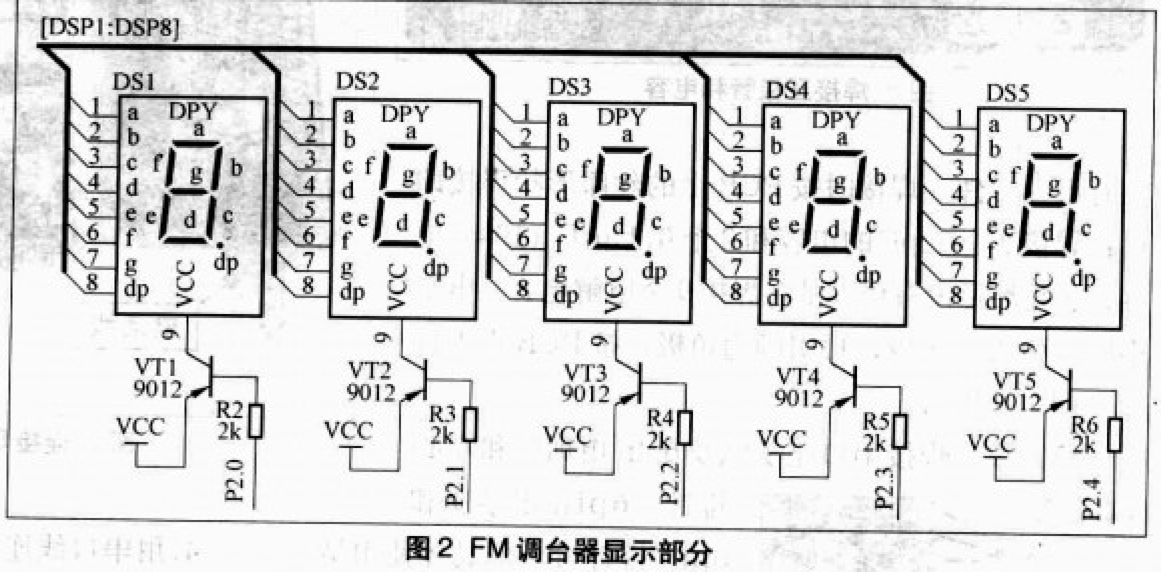


图2 FM调台器显示部分

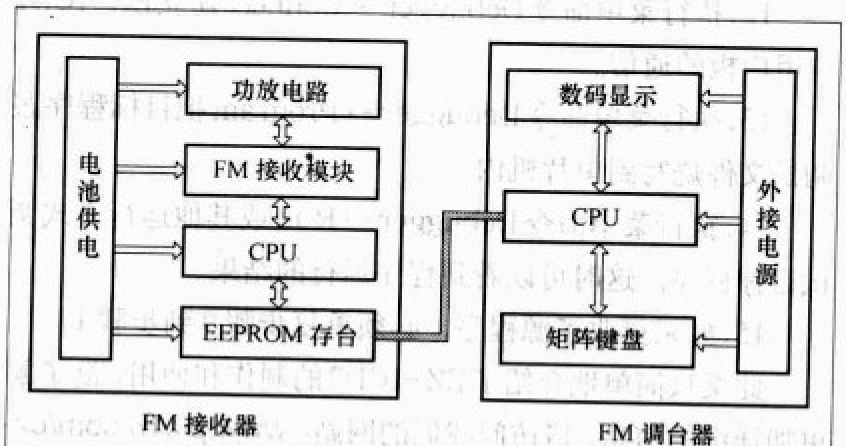


图1 设计原理

硬件电路

该电路主要分为两个部分，FM调台部分和FM接收部分，FM接收部分要求尽可能地设计得体积小一点，有助于考试时在桌角放置，而FM调台器要做得大一些，有助于操作人员进行电台频率输入。

1. FM调台器部分

FM调台器部分是用来为校方电台频率输入而设计的。考虑到一般频率为5位有效数据，如104.8MHz（苏州经济台），所以我采用了5个数码管，如图2所示，键盘部分利用AT89C51组成了一个廉价的矩阵键盘，由于一般调台器都不需要移动使用，所以采用普通变压器供电方式。其原理如图3所示。

2. FM接收器部分

FM接收器要实现锁台和存台技术，整个硬件电路分为三个部分：控制部分、FM接收模块部分和音频放大部分，其中FM接收模块采用BT-102BC模块，该模块的原理图如图4 所示，其芯片是无锡硅动力微电子公司生产的SP5767HN，它与TEA5767HN完全兼容。目前许多MP3和手机上都采用该FM接收芯片，其收音质量还是不错的。

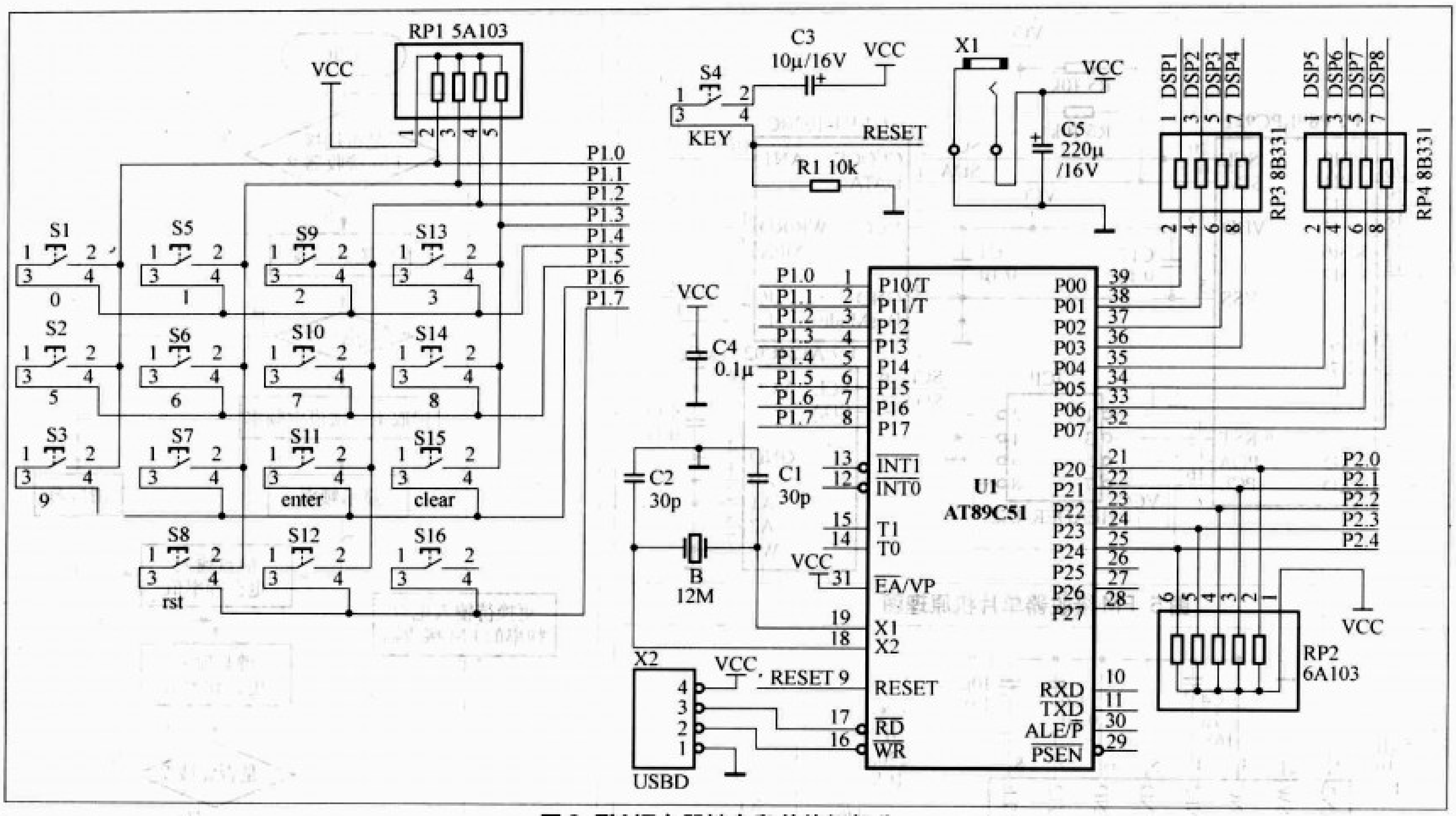


图3 FM调台器键盘和单片机部分

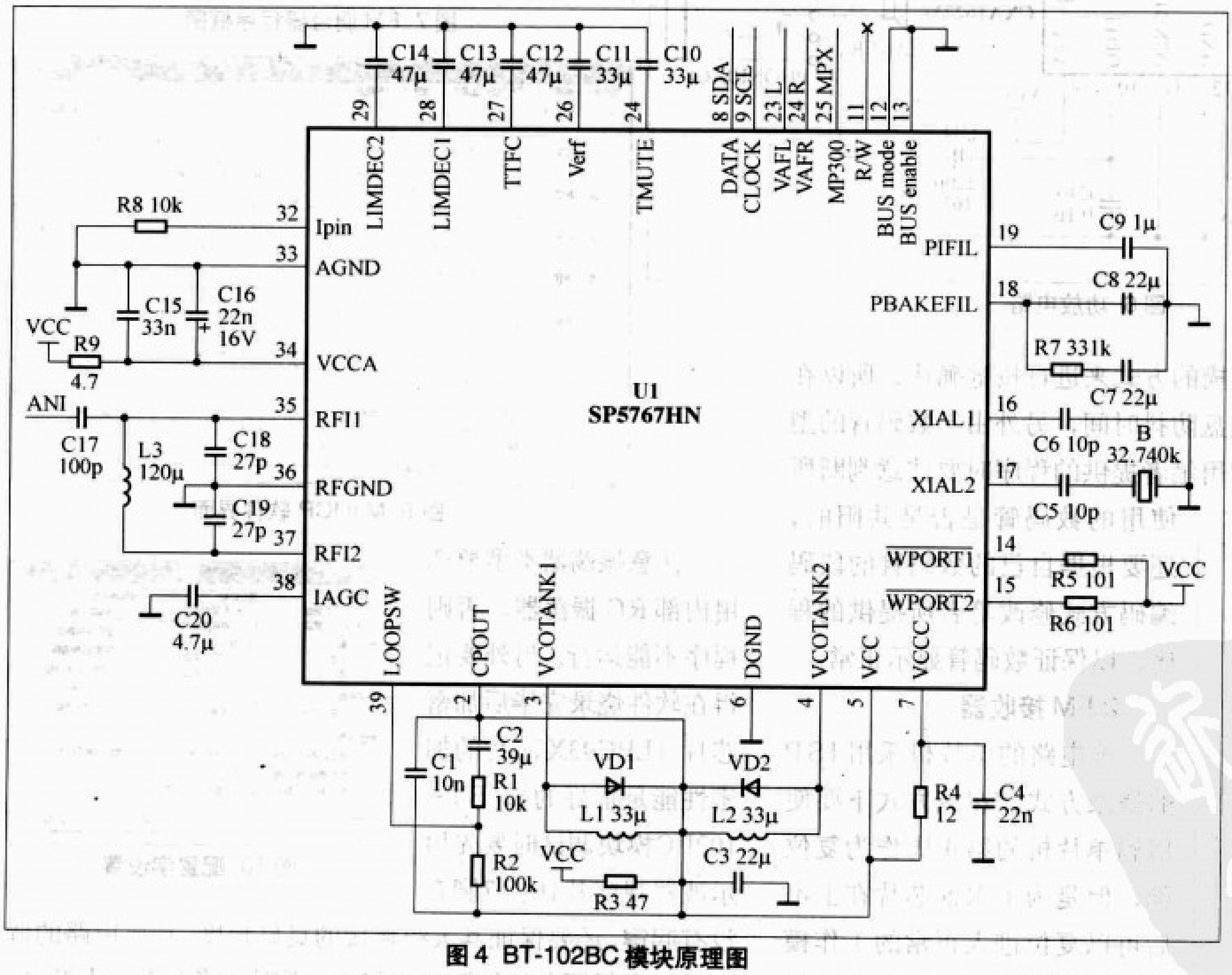


图4 BT-102BC模块原理图

功放部分采用Sony公司的芯片CXA1622M，该芯片价格便宜、功耗低而且音质效果好，其原理如图6所示。其中调音部分采用可调电阻。

程序设计

FM调台部分的程序主要用来进行电台频率的调整以及EEPROM中的电台数据的保存，其程序框图，如图7所示。FM接收器的程序如图8所示，通过读取EEPROM中的电台数据，来达到锁台的目的，另外通过单片机定时读取SP5767的数据，可以实现电台频率的自动校正。

单片机采用Philips公司的廉价的低功耗芯片P89LPC921，该芯片体积小，价格便宜，还带有ISP功能，非常适合于批量生产时程序的灌入，其原理如图5所示。

电路调试事项

1.FM调台器

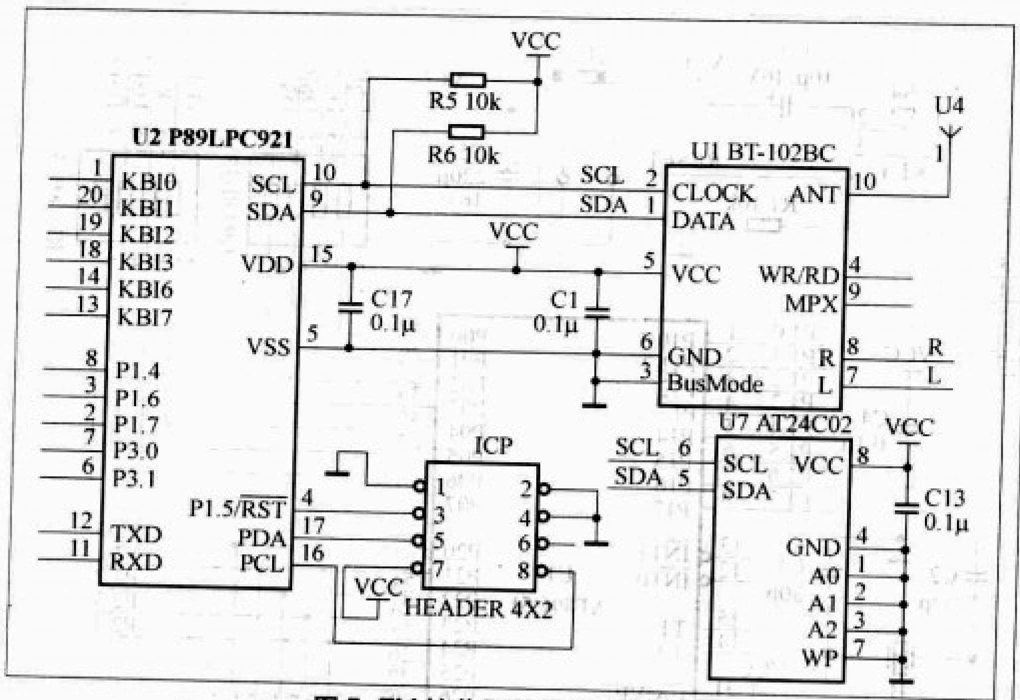


图5 FM接收器单片机原理图

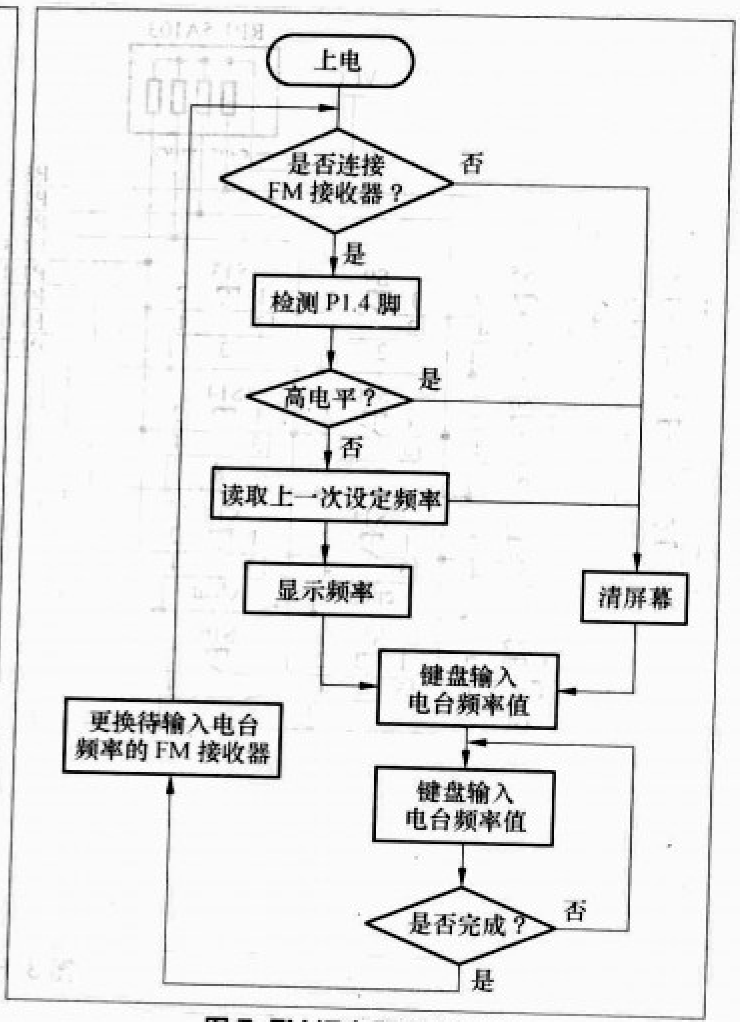


图7 FM调台器程序框图

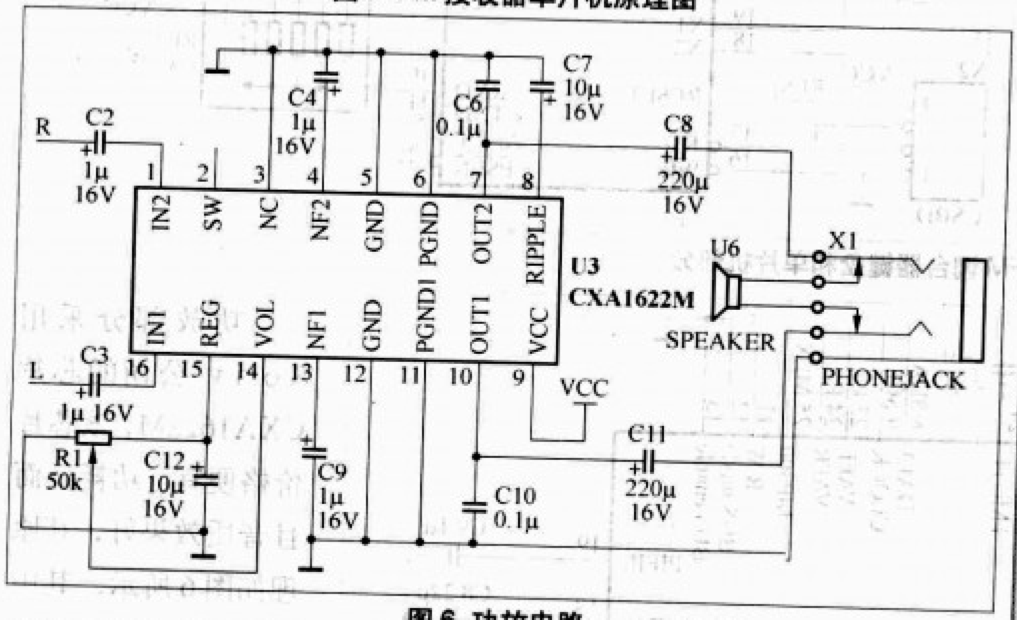


图6 功放电路

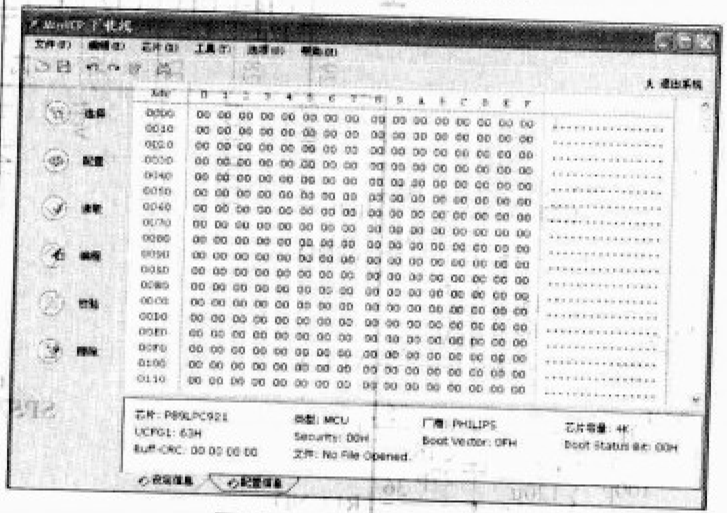


图9 MiniICP软件界面

由于采用了键盘扫描的方式来进行按键确认，所以在程序中要留有充足的键盘防抖时间，另外由于数码管的型号差异，读者在直接使用笔者提供的程序时要注意判断所使用的数码管是否是共阳的，还要根据自己的数码管的段码编码方式修改笔者所提供的程序，以保证数码管显示正常。

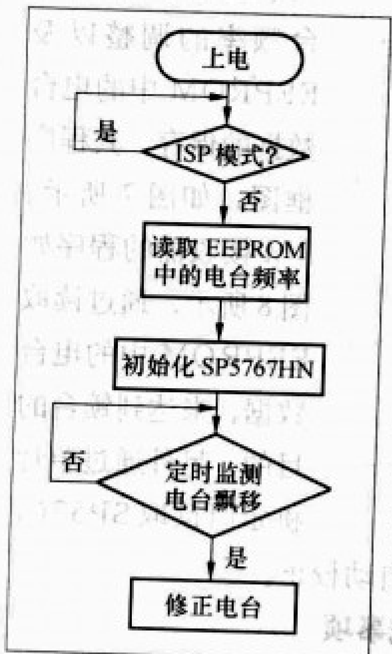


图8 FM接收器程序框图

2.FM接收器

该电路的单片机采用ISP的烧录方式，在该方式下要使用到单片机的第4脚作为复位脚，但是为了保证芯片在上电后可以复位进入正常的工作模式，在软件烧录结束后，必须把该脚接到电源上去。单片机的烧录采用MiniICP软件，如图9、图10所示。

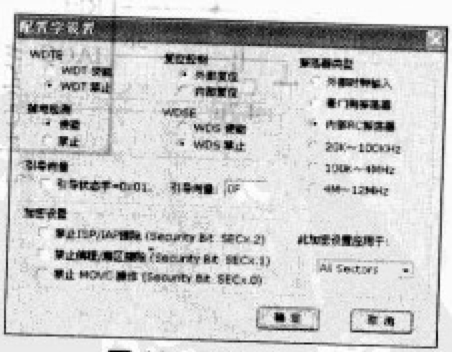
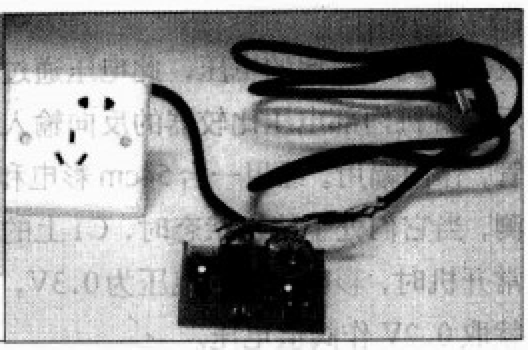


图10 配置字设置

注意振荡器类型要选用内部RC振荡器，否则程序不能运行。另外要记得在软件烧录完毕后加密芯片（LPC93X芯片的加密性能是很好的）。BT-102BC模块调试时要先用示波器观察其16、17脚有没有起震，还要保证其天线连接的良好程度。功放电路的调试要注意保证各接地脚良好接地，否则可能会有一点杂音。

单片机节能电源插座



文 / 吴汉清

随着技术更新换代以及网络化的发展需求，电器制造商开发了遥控开关、持续数字显示、网络唤醒、定时开关等各种待机功能，这些新功能为用户提供了方便的同时，也造成了大量的能源浪费。日用家电产品在待机功能状态下的电能消耗称待机能耗，中国节能认证中心的调查结果表明，我国城市家庭的平均待机能耗即相当于每天都在使用着一盏15W到30W的长明灯，占家庭电力消耗的10%左右。这不仅浪费了电费和能源，同时也造成了很大的环保问题。

降低待机能耗的方法一方面是提高家电产品的标准，促使制造商降低待机能耗，另一方面是用户养成随手关掉电源的习惯，对于那些不装备完全关机装置的电器拔掉电源插头。但是有些用户怕麻烦，宁愿使电器长期处于待机状态，为了解决这一个问题，本文介绍一种用PIC12F629单片机做的节能电源插座，只要将电器接在这个电源插座上，在其进入待机状态后即能完全关闭其电源，而插座本身的功耗只有0.4W。要恢复供电只要按一下复位键即可。

一、硬件电路

PIC12F629是Microchip公司的产品，其引脚见图1。

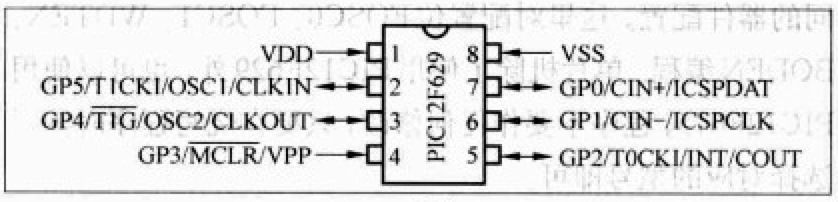


图1

PIC12F629片内含1KB的Flash只读程序存储器、64B数据存储器RAM和128B的EEPROM。工作速度为0～20MHz，可以选择外部或内部振荡器，内部振荡器的频率为4MHz，片内有一个带有8位可编程预分频器的8位定时器／计数器Timer0和一个带有预分频器的16位定时器／计数器Timer1，一个看门狗定时器，1个模拟比较器，工作电压为2V～5.5V。

PIC12F629内部的模拟比较器使用非常灵活，其同相输入端、反相输入端、输出端可以作各种配置，其配置通过对比较器控制寄存器CMCON的设置来完成，本文的电路将比较器的内部电路配置为如图2所示，比较器使用内部参考电压，反相输入端接GP1端，其输出端不接GP3，输出结果存到寄存器CMCON的比较器输出位COUT，通过软件进行判断。GP3作一个独立的输出引脚使用，由软件控制，用来控制继电器的工作状态。

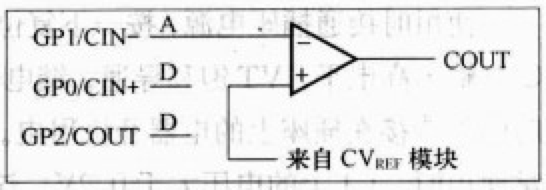


图2

单片机节能电源插座电路见图3，电路由单片机电路、电源电路、功率采样电路和输出控制电路组成。

本例中PIC12F629使用内部振荡器，选用内部上电复位功能，同时比较器使用内部参考电压，因此单片机电路非常简单，只有IC、R1、S共3个元器件。

本机的电源采用电容降压的方式，在输入交流电压为220V时，经用DT9208A数字万用表测量，电路通过的交流电流约为0.029A，由于电容是无功耗器件，电容上的电压和通过它的电流的积是无功功率，只有负载才消耗有功功率，因此本机的功耗为0.029（12+1.4）≈0.4（W），其中12V是稳压后的工作电压，1.4V是两只整流二极管的压降（每半周电流都通过两个整流二极管）。12V电源供继电器使用，5V电源供单片机使用。

T、VD2、VD3、R2、R3、C1、C2等组成功率采样电路，T是一个互感器，电路把通过互感器将初级的电流转换

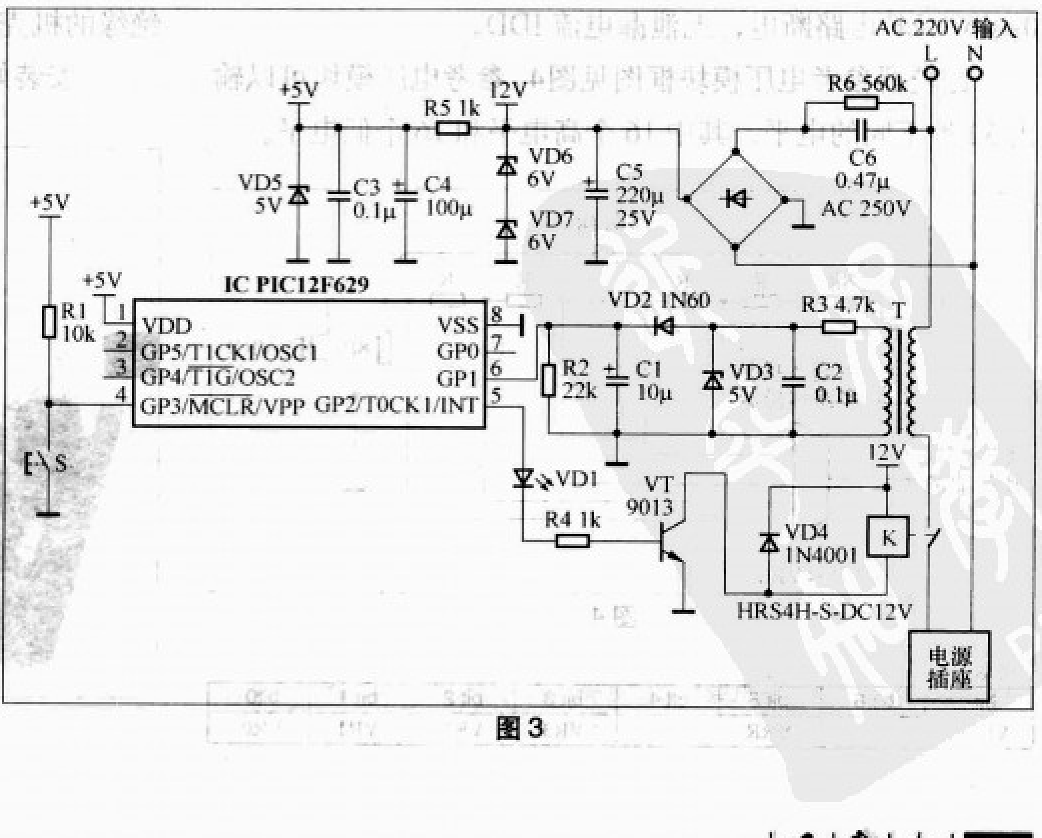


图3

成与之约成正比的电压，此电压通过GP1引脚送到图2所示单片机内部电压比较器的反向输入端。VD3为稳压二极管，作限幅用。经用一台54cm彩电和一台壁挂式空调器实测，当它们处于待机状态时，C1上的电压均小于0.1V，正常开机时，彩电对应的电压为0.3V，空调器为2.8V，这里就取0.2V作阀值电压。

使用时接通插座电源，按一下复位键S，这时单片机的GP2输出高电平，VT饱和导通，继电器吸合，有1分钟的时间等待接在插座上的电器开机用电。常见的家用电器正常使用时，C1上的电压大于0.2V，这时单片机的GP2维持输出高电平。当电器进入待机状态后，C1上的电压会小于0.2V，如果这一状态连续持续1分钟，单片机的GP2就会输出低电平，继电器释放，停止向用电器供电。下次要恢复供电，必须按一下复位键S。VD1作电源通电指示用。

二、软件设计

程序使用汇编语言编写，在MPLAB IDE编译器中进行编译。程序由主程序、定时中断服务子程序组成。主程序主要用来进行初始化。定时中断服务子程序使用了定时器/计数器Timer0，定时时间设置为60ms，每过60ms测试一个C1上电压，用变量M、N作计数器，当C1上的电压小于0.2V时开始计数，如果连续计满1000（M=4，N=250）个数，即C1上的电压小于0.2V的时间达到1分钟，则GP2输出低电平，切断用电器的电源。判断C1上的电压是否小于0.2V是通过判断比较器控制寄存器CMCON的COUT位是否为1来实现的。

比较器使用内部参考电压，参考电压控制寄存器VRCON可控制参考电压模块，从而可用来设置参考电压的值，VRCON各位的定义见附表。

其中VREN是CVREF使能位，1=CVREF电路上电，0=CVREF电路断电，无泄漏电流IDD。

比较器参考电压模块框图见图4。参考电压模块可以输出32种不同的电平，其中16个高电平和16个低电平。

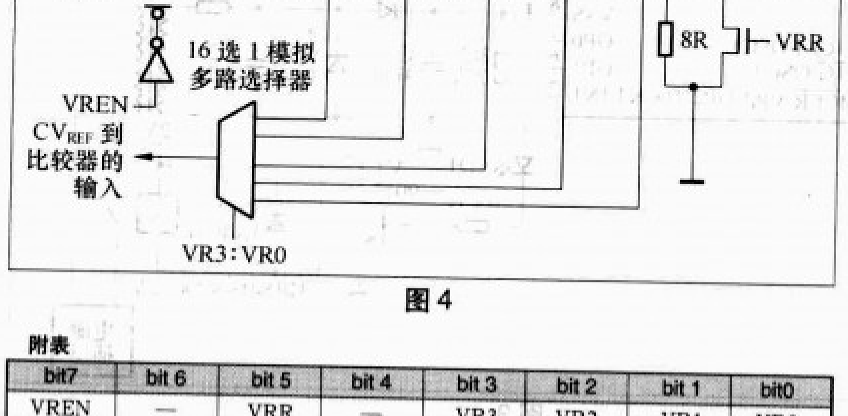


图4

附表

bit7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit0
VREN	—	VRR	—	VR3	VR2	VR1	VR0

下面程序中的等式可用来计算参考电压：

VRR=1（低电平范围）：CVREF=（VR3:VR0/24）× VDD

VRR=0（高电平范围）：CVREF=（VDD/4）+（VR3:VR0 × VDD/32）

这里取VRR=1，VR3:VR0=0001B，所以CVREF=（1/24）× 5 ≈ 0.2（V）。

从上面的计算可以看出使用内部参考的最小值为0.2V，如果要取小于此值的电压作参考电压，就只有选用外部参考电压了。

详细的程序和编译好的目标文件见本期配刊光盘。

三、安装与使用

互感器T要用磁环自制，磁环可以选用MXO−2000型ϕ18锰锌铁氧体，初级（接电源线的一边）用ϕ1mm漆包线绕25圈，次级用ϕ0.15mm漆包线绕400圈。继电器K使用吸合电压为DC12V的继电器，型号为HRS4H−S−DC12V。VD2使用小信号肖特基整流二极管(检波管)1N60，其正向导通电压较低，不能使用硅整流二极管，否则用电器功率较小时检测不到电压。VD1使用ϕ3的红色发光二极管。其他元器件的参数见电路图3。

控制电路可使用万能电路板安装。

安装前将编译好的目标文件dycz.hex写入单片机PIC12F629，在烧写程序时要进行配置位的设置，可以通过对配置位编程（记作“0”）或不编程（记作“1”）来选择不同的器件配置。这里对配置位FOSC0、FOSC1、WDTEN、BODEN编程。单片机除了使用PIC12F629外，也可以使用PIC12F675，程序不要作任何修改，只要在烧写程序时注意选择对应的型号即可。

装配好的控制电路板见图5，使用时要将其安装在一个绝缘的机壳里，机壳上开一个孔让按钮S伸到外面。

安装好以后使用一台彩电做试验，接通插座的电源，

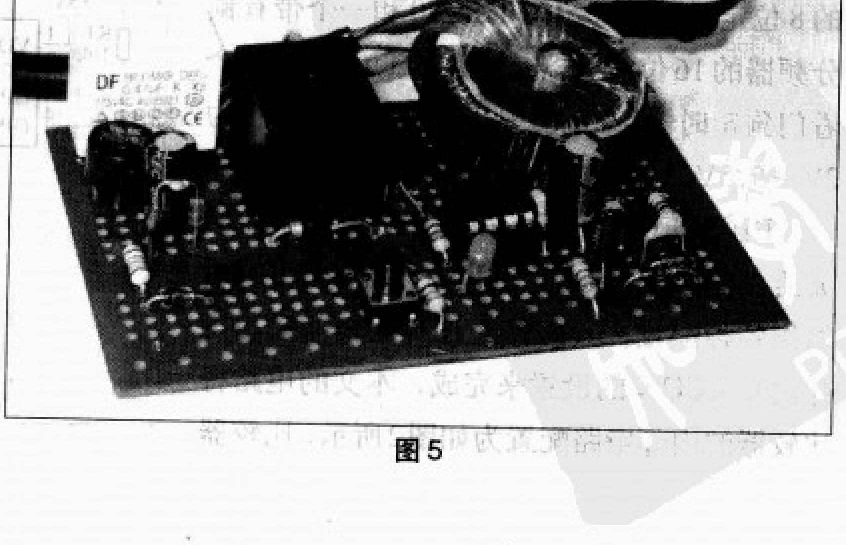


图5

单片机多路抢答器

文 / 张建平

电子抢答器已被人们所熟知，在一些电子类的杂志中也经常介绍，许多电子抢答器都采用了逻辑电路进行设计，在本文中，我们介绍一款利用51系列单片机作为主控制器的单片机6路抢答器的制作。当系统工作后，6位抢答者中只要有一人按下抢答键，系统的数码管便显示按键者的编号，同时扬声器中响起动听的音乐声，表示抢答成功。当有几个人同时按键时，由于在时间上必定存在先后，系统将对第一个按下者进行锁存，显示的编号也是第一个按下者，其他按键者将不能响应，以便公平地选择第一个抢答者。当确定了抢答成功者后，裁判只要按下复位键，系统便停止音乐，返回到抢答状态，进行下一轮抢答。

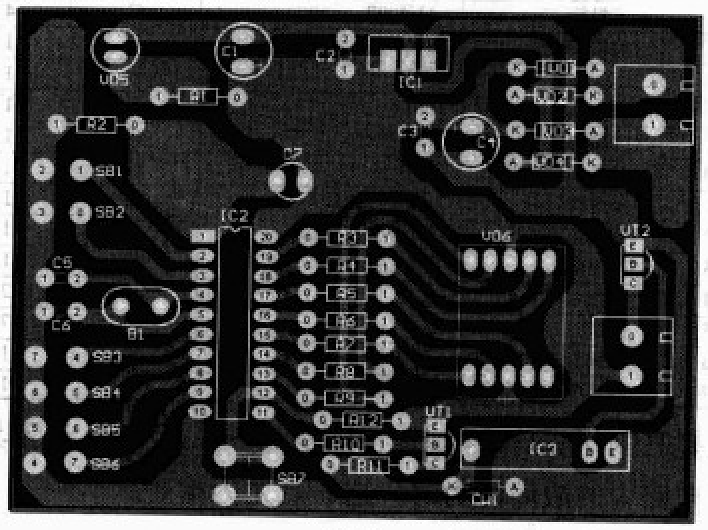


图3

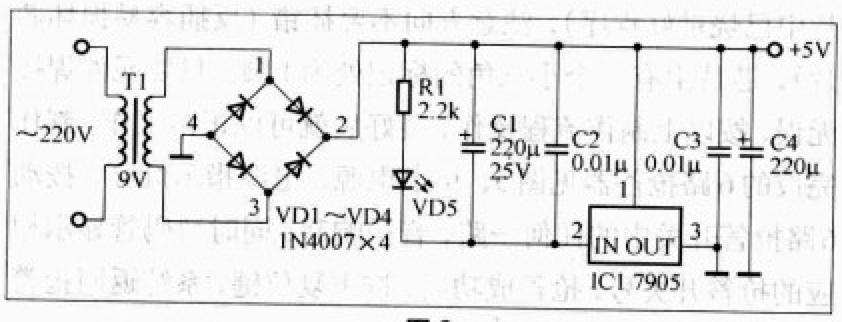


图2

一、设计与分析

从设计所要完成的任务与要求来看，需要显示6路输入，用一只数码管便可以完成，对于7段数码管，占用7个单片机的I/O口，考虑6路输入，占用6个I/O端口，一个端口用于控制音乐电路的工作，这样，只需14个I/O便可以完成电路硬件的安排。为此，我们可以选用51系列单片机中的简易型产品AT89C2051来作为中央处理器。这款单片机的I/O作为输出时，具有较大的吸收电流能力，因此我们可以选用共阳型数码管，这样由单片机的I/O就可以直接驱动，能简化硬件电路的设计。

经以上分析，我们设计出这款多路抢答器的电路原理图见图1，图2为电源部分原理图。

根据原理图，我们设计的PCB线路板图见图3。

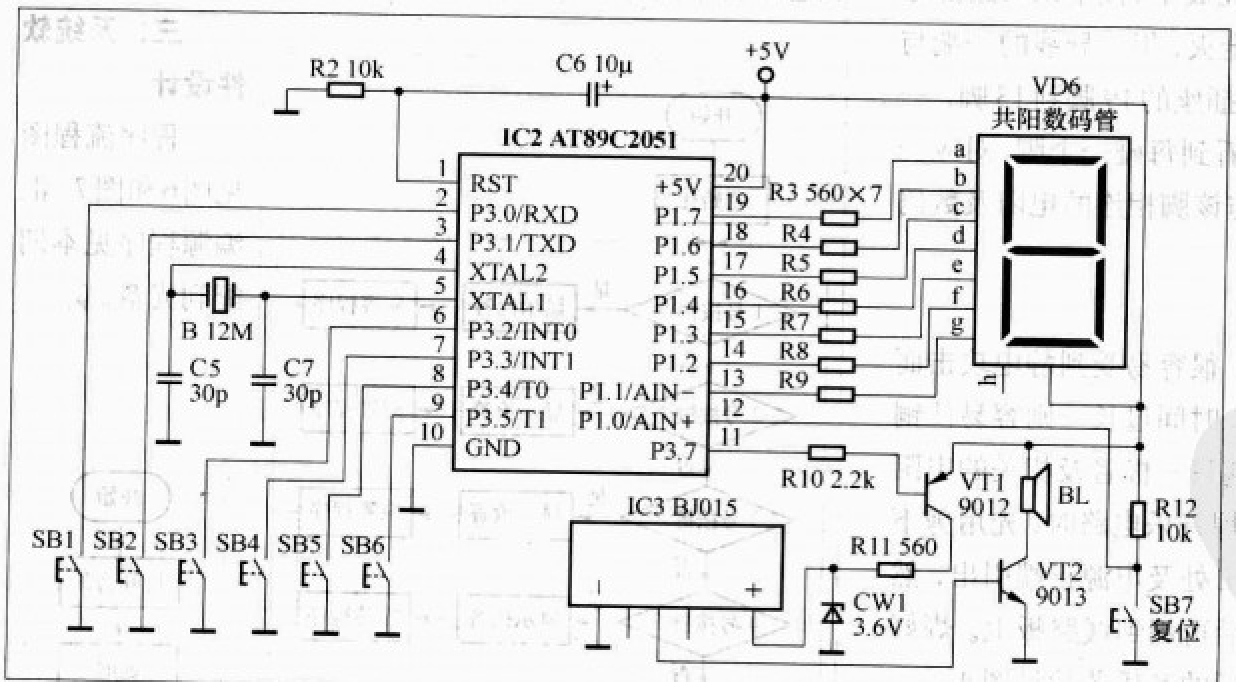


图1

二、硬件电路的制作与调试

所用元器件清单见附表。在电子产品的制作中，如能按较佳的安装与调试步骤进行制作，将

将彩电插在插座上，按一下复位键S，打开彩电的电源开关，这时彩电应能正常工作，供电不中断，然后遥控关机，经过1分钟后彩电的电源应该能被彻底切断。如果彩电遥控关机后不能切断电源，说明这时C1上的电压大于0.2V，可适当减小R2的阻值；如果彩电正常开机时电源也被切断了，说明这时C1上的电压小于0.2V，可适当增大R2的阻值。

最后需要说明的是：由于控制电路和220V交流电源没有隔离，因此在装配和调试时要特别注意安全。

附表 元器件清单

序号	元件名称	型号与规格	单位	数量
1	电阻	金属膜 1/8W 560Ω	只	8
		金属膜 1/8W 2.2kΩ	只	2
		金属膜 1/8W 10kΩ	只	2
2	电解电容	10μF/16V	只	1
		220μF/25V	只	2
3	瓷片电容	30pF	只	2
		0.01μF	只	2
4	晶振	12MHz	只	1
5	发光管	φ5红色	只	1
6	二极管	1N4007	只	4
7	稳压二极管	3.6V	只	1
8	三极管	9013	只	1
		9012	只	1
9	三端稳压	LM7905	只	1
10	音乐集成电路	BJ015	块	1
11	单片机	AT89C2051	块	1
12	集成电路插座	20脚	块	1
13	扬声器	8Ω/0.25W	只	1
14	接线柱	2位	只	2
15	按钮		只	7
16	数码管	共阳	只	1
17	线路板	单面敷铜板	块	1

大大提高制作成功的概率。特别是对一些初学者，还不具备分析电路中的故障能力时，这一点尤为重要。

1.电源部分的制作。

任何一款电子制作，第一步便是对电源部分的制作，其他各单元电路将在正常供电的前提下才能工作。而各电子制作的供电部分基本相同，因此，对于这部分电路的制作与调试，我们将在专门的电子制作文章中对电源部分进行介绍，这里不再详述。

2.显示电路的制作。

将R3到R9及共阳数码管焊好，再将20脚的集成电路插座焊上，这样这部分电路就制作完成了。接下来对这部分电路进行测试，接上电源，数码管全灭，用一导线的一端与地线相连，另一端依次碰集成电路插座的19脚到13脚，一边碰一边查看数码管，正常时可以看到每碰一个脚，对应一段数码管灯亮。若不亮，仔细查看与该脚相连的电阻及数码管是否虚焊。

3.音乐电路的制作。

音乐集成电路是CMOS电路，很容易受到静电攻击而损坏，因此在焊接时动作一定要快，时间过长一则容易使铜皮脱落，再则容易损坏器件。先将两只三极管及相关的电阻焊好，最后再焊音乐集成电路。在焊音乐电路时，先用剪下来的电阻引脚将音乐片上标有B、E处及电源正端引出，然后再焊到线路板上。焊好后的音乐芯片见图4。

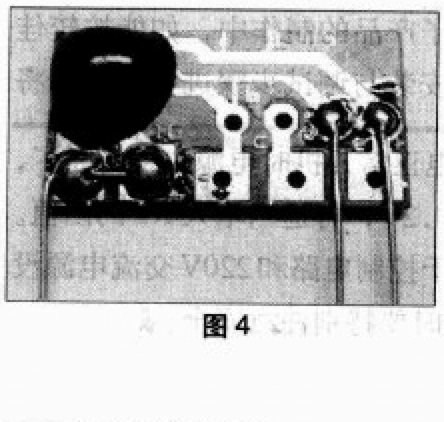


图4

这部分元件焊好后，进行音乐电路部分的调试。先不接扬声器，用一导线一端接地，另一端碰20脚插座的第11脚，此时用万用表测量CW1两端电压，正常应在3.4到3.65V间。若电压不正常，查看9012三极管有没有焊反，相应的元件是否有虚焊。正常后，断电，接上扬声器。再次上电，用同样的方法进行测试，应听到扬声器发出音乐声。若只听到"吱、吱、吱"的声音，说明音乐片损坏，换一完好的音乐芯片即可。

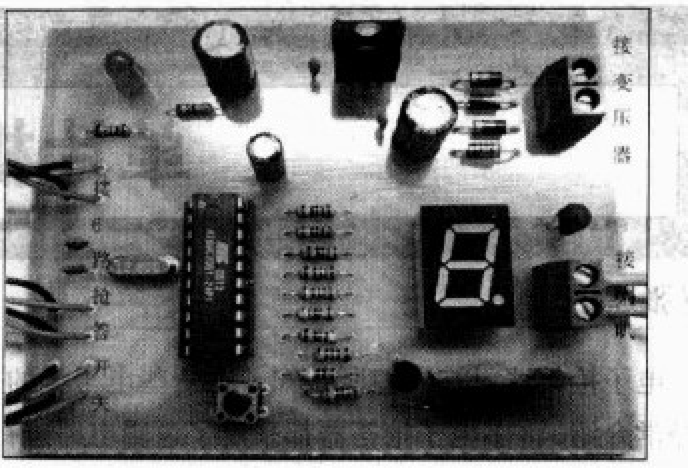


图5

4.整机调试

将烧录好程序的AT89C2051芯片插上（我们提供的芯片中已烧录好程序），注意方向不要插错（反插容易损坏芯片），芯片上有一个小三角的标记处为1脚。只要元件焊接无误，按以上制作流程操作，装好后就可以正常工作。制作完成的6路抢答器见图5，接上电源，电源指示灯亮，按动6路抢答开关中的任何一路，音乐响起，同时数码管显示相应的抢答开关号。抢答成功后，按下复位键，系统返回抢答状态，若不按键，则30秒后自动返回抢答状态。

三、系统软件设计

程序流程图见图6和图7。汇编源程序见本期配刊光盘。

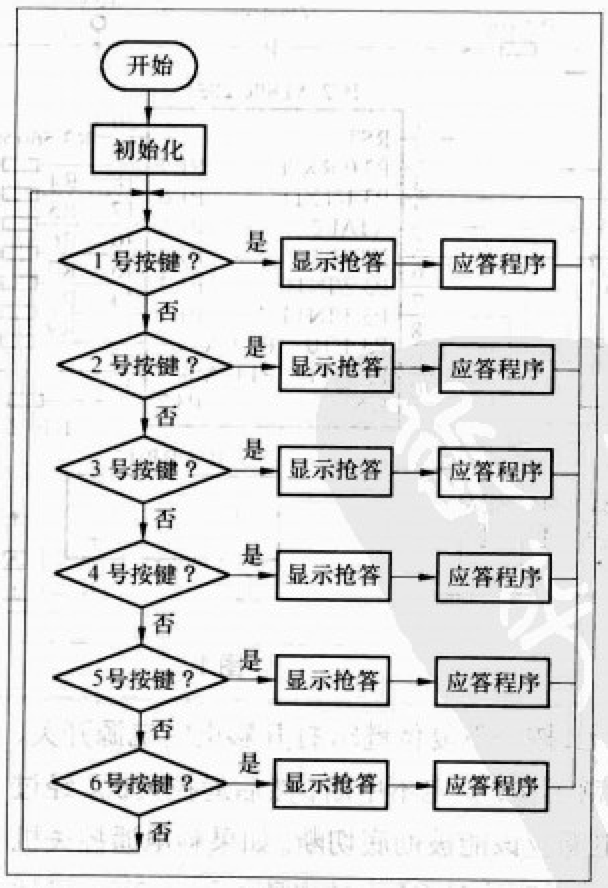


图6

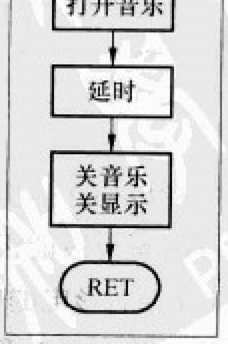


图7

淘宝攻略

开店8分钟

用8分钟读完本文后就去开店吧！

文/杜 洋

本文介绍电子爱好者如何建立自己的网上店铺，出售电子产品、元器件或是二手交易。将自己的小制作或是用不到的东西分享给需要的朋友，这不是一件很快乐的事情吗？本人开店不久，仅把一些微薄的经验写出来与大家分享，希望可以抛砖引玉，对你有所帮助。书说简短、言归正传！

要知道，在淘宝（www.taobao.com）建立一个网站是免费的，淘宝网不会收取空间使用费，一切都由店主自由掌控。只要在淘宝网和支付宝网上注册用户，就可以开始交易了。你可以在本地的电子市场进货或是出售自己的制作品，照出漂亮的照片、写出生动的产品介绍。如果有朋友看中了，就会发电邮或是用一种叫旺旺的聊天工具和你咨询，一切谈妥之后，买方会把货款交给支付宝，支付宝会通知你发货，如果买方收到货品且没有问题时会通知支付宝，支付宝再把钱打到你的账户上。听上去好像挺麻烦，其实是我表达能力太差，图1所示是支付宝交易的流程，它更能说明一切，更多介绍可以登录支付宝网站 www.alipay.com。

准备

图1

要知道这篇文章不是只介绍如何建立网站，这些工作在淘宝网的客服中心页面里有更好的介绍文字。我主要介绍电子爱好者出售电子产品的一些事项和关于整个网店营销的策略，在此之前先看一下我们有什么需要准备的。开网店不是开玩笑，如果想认真地经营就要有计划、有准备，由于字数所限，我就简单说一下需要准备的锅碗瓢盆。首先就是品牌，也可以说是名字，如果你的网店出售差异化的产品和服务，那么品牌就是重要的。店面要有自己的风格，要考虑到你想给客户的印象是什么，例如精致的、有创意的、稳重的、活泼的等等，店面和产品风格要一致，可以借鉴优秀的网店，但不要抄袭。再有就是网店的规章，包括一些基本的交易说明和意外情况的处理办法，更主要的是对客户的承诺。看看你的产品是否有现成的包装，如果没有的话你要考虑产品的包装了，用什么样的材料可以保证安全的同时还要更美观，给客户很好的第一印象。想一想你有什么优势吧，你有低价格的货源吗？你有很好的服务吗？还是你有技术上的优势呢？你的缺点又是什么呢？扬长避短才可以决胜千里。另外，如果你不只是出售自己的制作品，那么第一桶金也是关键一点，不过慢慢积累也是一个好办法，这就要显示你过人的商业头脑了，先在各大银行开几张储蓄卡并开通网上银行，当然还要办一张支付宝卡通（关于支付宝卡通在其网站里有介绍）。最后，为自己定两个目标，一个远景目标，一个近期目标，除非你不把网店当成事业看待，否则两个目标可以构建你创业的源动力。例如，远景目标是做电子技术专业内最有影响力的网店之一，近期目标是在一个月内让网店的经营成熟化。说到这里你会觉得很麻烦，是不是？如果没有这些基本准备，在经营一段时间之后你会觉得更麻烦，正所谓未雨绸缪、居安思危。

开张

万事具备只欠开张，我们的店面就开在淘宝网，那里风景秀丽、商家云集、人来人往、好不热闹。登录www.taobao.com，就来到了淘宝网，如果你是菜手，首页右上方导航栏中有“客服中心”的链接，在这里你可以学到关于注册、登录、开店、后台管理等许多知识，这些内容就不用介绍了。当注册并登录之后就可以上传货品资料了，淘宝网规定只要上传十件以上的不同货品就可以拥有独立的店面，包括一个二级域名的空间。听上去并不困难，宝贝数量实在不足时可以找些多余的东西充充门面，重要的是拥有了网店空间，才可以继续做营销推广。需要注意的是货品上传时的分类要正确，一般是分到“电子元件市场”类型下面，不过这并不绝对，最好的方法就是先搜索一下同类产品，看看它们都用的哪个分类，然后如法炮制。

我认为在淘宝上开店，上传照片是非常重要的工作。现在是网络读图时代，相信一张漂亮的产品写真定会让客户增加几分冲动。关于如何拍摄漂亮的产品图片，我会单独写成文章，因为这确实需要一些精心准备和专业知识。现在，你最好有一台数码相机，用白纸做底（若产品是白色则用蓝色或其他颜色），使用闪光灯，多一些角度拍摄，找到最满意的构图和拍摄方法。这是一个有趣的过程，许多电子爱好

者都喜欢摄影，我想你也会迷上它的，而且还可能带来赞美和销量。

资料的制作也不可小视，有一些商家在正文里不放资料，我看他们是不想混了。因为一个优秀的资料可以让客户更了解你的产品，也无形中传达了你的经营态度是认真的，这增加了立即购买的可能性，我的经历告诉我这是有效的。资料的制作一定要细致而全面，所有的产品均用同一种模板，内容应包括产品特征、应用介绍、简单的使用说明、技术参数、本产品与同类产品的区别和优势、产品的好处和效益。另外，最好在开头和结尾摆出你的联系方式，例如手机、QQ、MSN、电子信箱之类，以方便客户使用除了旺旺之外的其他联系方式。总之，客户看到产品资料应该感觉到细致、体贴，客户想了解的都有介绍。这样的资料就是成功的，但是千万注意不能有虚假内容和明显歧义，到时候吃不了兜着走的不是别人。

口说无凭，举例为证。本来我是想借此机会用我的网店当例子，可是又怕你说我假公济私，于是就找来一个朋友的电子产品和元器件销售网店当作实例，你可以借鉴他的长处然后超越他。登录shop33648706.taobao.com即是广东yleee电子的淘宝店首页，你的网站也应该是一个类似二级域名。在这个网店里面你将验证我上面关于照片和资料的介绍，同时你还要知道淘宝商家评定的一项重要指标，那就是信用评价。图2所示是此网店的信用评价的页面，其中的卖家信用度是客户对你的店面信任的关键，这个评价是每一次交易后由买方评定的。客户在购买前先会看看他购买的商品有没有其他人购买过，他们对产品的评价是怎样的？所以你要努力做到尽量让客户满意。希望你能坚信一条：努力为客户着想，你才会得到更多。也就是“己欲立而先立人，己欲达而先达人”的道理了。

营销

学过营销的朋友都应该知道4P营销，也就是产品、价格、渠道、促销。虽然现在还有什么4R营销、4C营销，这对于我们小本生意不太适用，我们只要弄好4P就够了。4P

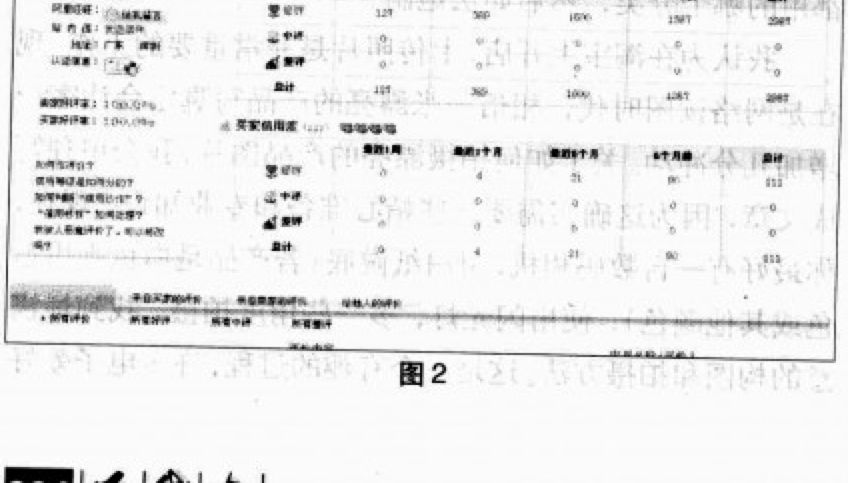


图2

就是4种良药，合理的组合它们将会带来非常奇幻的效果。产品，这里所说的产品是包括产品和（或）服务的，如果你的产品是独一无二的，或是有自己的优势特点的话则要考虑打造自己的品牌了，这样会给消费者个性化的品牌印象，苹果电脑就是一个实例。如果你出售的不是差异化的产品，只是从厂家上货的普通元器件的话，则说明你不需要在产品上下功夫了，考虑一下其他方法。价格是一个有诱惑力的东东，当你的产品和别人的差不多时就要考虑打价格战。除非你有非常便宜的货源，否则低价只能是暂时性的或是和促销组合使用的，擅用价格策略可以让你赚到更多客户。淘宝交易已经让我们拥有了很开放的销售渠道，不过渠道优势也同时被其他卖家享受着，看来我们只能在上游供货渠道上下点功夫，找到品质优秀、价格低的供货渠道就显得很重要，因为这可以和价格营销组成“复方良药”。促销也是超级重要的内容，利用促销手段可以打出品牌、打出市场。促销的方法我就不用多说了，各大公司都有什么促销特价、买二送一之类的，你曾经被他们吸引，现在该轮到你大显身手。高明的组合4P，让它变成“居家旅行必备良药”是你成功营销的重要任务。

现在说说我打广告的经验吧，因为无论是开店之初还是新产品发布之时都是需要广而告知的。依我的总结，可以把广告分成以下几个类型：技术广告、品牌广告、产品广告、促销广告。我们都是搞电子技术的，如果你有一个产品是有技术优势的，就可以在各大网站和论坛以你的产品技术为主题，和大家分享技术顺便推广了你的产品，这种广告不会被删除，而且有一些货真价实的技术内容也会增加影响力，这算是打广告小技巧了。而品牌广告、产品广告和促销广告都应该在网站或论坛广告区内上传，千万不要因为你的广告让潜在客户产生反感，这会给你带来负面影响的。广告的内容最好图文并茂，尽力用唯美的文字介绍产品的好处和给客户带来的效益。以上说的只是我自己的一点浅显的经验，或许有更好的方法等着你来发明。值得一提的是，电子爱好者若想开好网店，仅凭电子方面的技术是不够的，还要涉及到网店管理、营销、广告设计、摄影等多方面的知识，实践告诉我学会这些并用到实处是非常开心的事情。“学而时习之，不亦说乎？”

交易

我们前边的所有工作都是前奏，好戏登台还得说是交易的过程。旺旺、QQ、MSN、信箱这些联系方式实在必需，广告打出去了，只等着笑眯眯的说“您好！欢迎光临！”。不要急，很快就会有顾客，他会先问问情况，货比三家之后来买你的东西，通常会有一个砍价的过程，当价格双方都满意时就可以交易了。修改价格是卖家最常用的一项操作，当

快递费用不同、同时买多种产品一次快递、砍价之后的修改等等都要修改价格，在淘宝交易管理中你将看到交易项并有改价的链接。自动下架也是淘宝交易需要注意的地方，因为产品在7天或14天后自动下架，也就是从货架变到库存，所以每过一段时间你都要重新上架一次，这也算是日常清点工作了。还有就是单据的问题，因为你是个人经营所以没有发票可以开，同时淘宝的交易信息都会在服务器上留有备份，所以也不用开收据，不过有些客户要用银行汇款的话则要另外考虑。买家付了款，我们就要发货，淘宝已经和一些快递公司合作，可以直接在网上下单，一般不需要打电话叫快递。因为我们多是卖电子产品，所以要用防震气泡袋和防静电袋包装，这可以防尘防静电，特别是邮寄带电池的产品、液晶屏之类。凡是发出的货都应该做好退货的准备，问题可能随时会发生，特别是你生意红火的时候。

后语

好了，基本的开店已经介绍过了，要是有兴趣就读一读“淘宝大学”里的文章，还有网店管理的事情也要认真研究。当你赚得多了自然要有一个预算，还要对用户和产品做好管理，这些老客户是最有价值的潜在客户，他们除了再次购买你的产品外还会提出一些问题供你改进产品，保持一个老客户比拉一个新客户重要得多。经营的同时还应该多了解自己的对手和潜在合作伙伴，有时你的对手可以成为你的合作伙伴，千万不要让你的生意孤立着。

前面说过我的这个开淘宝店的朋友，现在他已经全职经营着，而且收入可观。当然我们希望你也可以加入进来，如果你是在校大学生、待业人士或是热衷于电子事业的朋友，就更应该认真考虑开网店积累一下社会经验。让每一件电子产品和元器件找到最需要它们的朋友，在此过程中你和供应商、客户结交了朋友，建立了销售渠道，扩展了人脉网络，打造了优秀品牌，赚到了可观收入，这些有形或无形的资产会令你受益无穷。你好，老板！恭喜发财、红包拿来！

早就想在网上开个小店，一直未张罗起来。其原因一是觉得挺复杂，二是看周围已经开了店的朋友们，赢家不多，缺少动力。

《淘宝网开店做赢家》这本书，先是“赢家”二字吸引了我。我其实是先翻到后面，看看书中有没有切实可以把网店的生意做大做强的具体方法。在第4章至第7章中，我看到了介绍如何提高店铺浏览量，寻找更多的买家，备份和恢复数据库，提高客户服务质量的方法。这些内容是对众人多年淘宝网开店经验的总结，很具体、可贵、实用。在第8章中，还展示了一些优秀的网店，可以帮助店主开拓办店思路。“它山之石，可以攻玉”，这本书提供了不少经营店铺的高级技巧，非常值得想成为赢家的新老“店小二”们参考。

如果新人想开店，书中前3章内容很有用。其中介绍的是在淘宝网开办网店的基础知识，内容图文并茂，通俗易懂，解说有条理，易于理解和照办。在开店前的准备章节中，还提供了不少借鉴经验，会帮助新手起步在正确的轨道上。

看来只要有心，好好学习，人人都可以成为赢家。（小东）

书号：16888
人民邮电出版社
定价：16.80元
作者：李应全 黄立 周斌

书号：17316
人民邮电出版社
定价：13.8元
作者：《随身查》编委会

我真羡慕表哥，他总能不费劲地在网上淘到物美价廉的商品，不出门就能收到宝贝，连他喜爱的各种电子元器件都能从网上轻松买到。我还有一个梦想，就是在网上开一个具有自己特色的小店，当一次自己的老板。可是我很“菜”……

表哥送给我一本漂亮的双色印刷的小手册，名为《网上淘宝与开店》。我如获至宝，书中内容好像是在为我答疑。

这本小巧精致，可以随身携带查阅的小书，内容可不少。全书有6章，分别介绍了为何要在淘宝网上淘宝与开店，如何加入淘宝网，如何成为淘宝买家，如何成为淘宝卖家，如何开通自己的淘宝店铺并进行铺货，如何宣传自己的网店并最终形成销售等方面的内容。真是一本实用的工具书。100个带有主题提示的实例，贯穿了全书，查找时一目了然。

看了这本小册子，我有一种冲动，想马上干起来！借助这本工具书，离实现我的梦想不远了。（阿宝）

在亚太地区，韩国网上购物的比例首屈一指，其相关软、硬件经验很丰富。《旺铺秀宝秘诀——网上商品实拍技法及网页设计》就是一本韩国人编著的书籍，里面有不少高招值得我们借鉴。

书号：17407
人民邮电出版社
定价：65元
作者：[韩]李真毅 李民浩 李勇才
译者：何秀丽

这一大本300多页、充满彩色图片的书籍，照片主角都是网上店铺中的“宝贝”。用照片说话，书中首先告诉我们应选择何种“宝贝”进入自己的店铺，以及拍照的基础知识。其后，介绍了赋予“宝贝”玉照生命力的多种照明方法，介绍了如何实拍出分别具有立体感、真实感、新鲜感、舒适感、新潮、高档等各具特色的漂亮图片，还介绍了增加商品真实感的后期修正术。旺铺，旺在人气、成交量，出色的网页策划和制作功不可没。书中最后介绍了网页的基本结构以及许多有创意的制作方法，并提供了一些成功案例。附带光盘中的几十张照片，可以供读者从拍照角度仔细研究。

网络时代，“酒香不怕巷子深”已成过去，要美化自己的“宝贝”，增加店铺的人气，这本书是现代“店小二”们很好的教材。（马都）

基于Multisim的四人表决电路设计

文/张 政

Multisim是电子电路设计与仿真方面的EDA软件。由于Multisim的最强大功能是用于电路的设计与仿真，因此称这种软件叫做虚拟电子实验室或电子工作平台(EWB)。在任一台计算机上，利用Multisim均可以创建“电子技术”虚拟实验室，从而改变传统的教学模式，学生可把学到的“电子技术”基础知识，应用Multisim电路仿真软件进行验证。

下面以四人表决电路为例，介绍基于Multisim7的数字电路的设计过程。

1.电路功能描述

一共有四人，用A、B、C、D表示，A为权威人士，四人中，有三人或者三人以上同意的视为通过，但是同意的三人中必须要有A才算通过，否则为不通过。

2.电路分析

电路用与非门实现，为组合逻辑电路。先确定变量与输出量，输入有4个变量A、B、C、D，一个输出量，此电路采用正逻辑，通过用1来表示，同意也用1来表示。

3.电路的设计方法

我们可以通过Multisim软件的逻辑转换仪来完成整个设计过程。

首先，从菜单中拉出逻辑转换仪。位于菜单“Simulate”→“Instruments”→“Logic Convter”，见图1。此时，在系统作业区会出现一个XLC1的图标，这就是逻辑转换仪的面板。双击这个图标，就出现了真值表区。在逻辑转换仪的顶部选择此例中的四个输入端A、B、C、D。此时，真

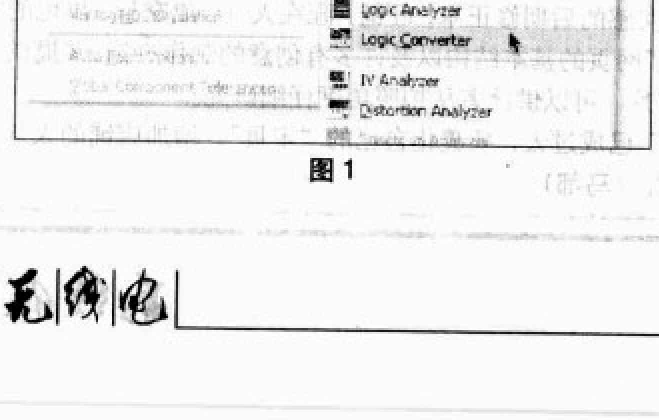


图1

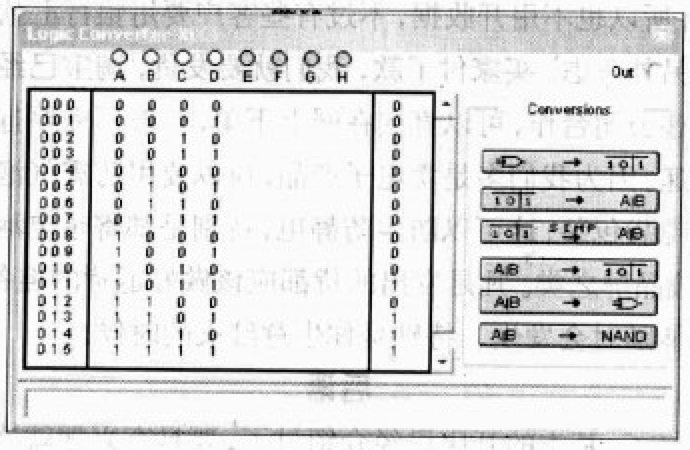


图2

值表区会自动出现输入信号的所有组合，而右边的输出列状态未定。根据设计要求，改变真值表的输出值1、0、X，见图2。

按下右边第三个按钮，对真值表进行化简，相应的逻辑表达式会出现在逻辑转换仪的底部表达式栏中，然后再按下右边第六个按钮，这时，就会在工作区自动得到了由与非门构成的电路。最后，分别在输入端接上转换开关，在输出端接上一只指示灯，这样电路的设计工作就完成了。

4.电路的仿真及仿真结果

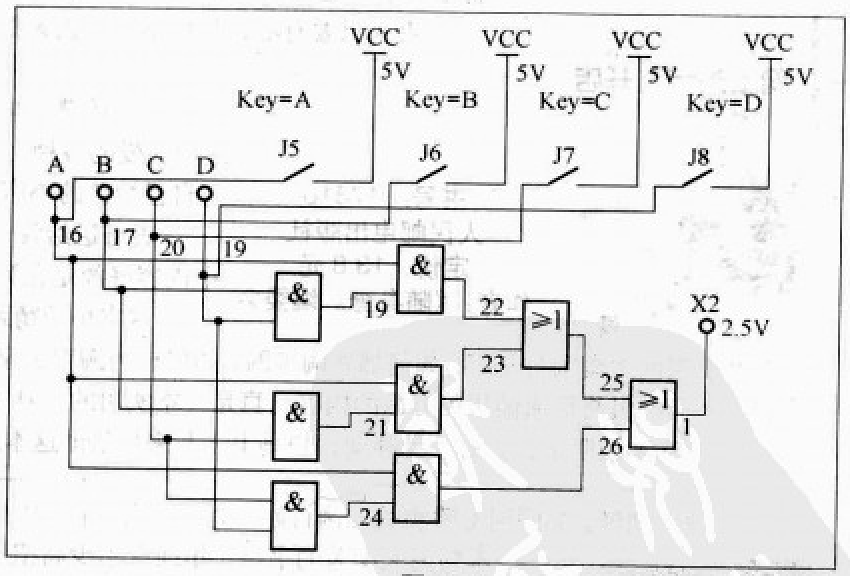


图3

表决器的仿真结果见图3。图中的各输入端均接了一个转换开关，开关旁边为控制按钮，可以通过开关自由设定输入的高低电平（0或者1）。当四人中A同意，其余三人中，有二人或者二人以上同意时，指示灯就点亮以示通过，电路的仿真结果与设计要求完全符合。

虚拟仪器 DIY

USB 接口电感电容表

文 / 孙红生

电感电容表曾经是业余电子爱好者梦寐以求的一种仪表，专用的电感电容表经常需要单独购买，价格较高。这里介绍的电感电容表使用个人计算机完成计算、显示工作，降低了制作难度，同时也降低了制作成本。有了电感电容表制作磁性天线就再也不用照着制作文章的要求说绕几圈就绕几圈了，完全可以先计算出所需的电感量，然后边绕边测，直至合格，制作中频变压器也一样可以计算出绕制数据。上一期本刊介绍了一种USB 接口的频率计，在此基础上只要添加很少的元件就可以构成一种电容测量范围为0.1pF～1μF，电感测量范围为0.1μH～1mH的电感电容表。图1分别为测量一个10匝直径15mm空心线圈，一个100μH的色码电感，一个200pF的云母电容和一个10000pF的瓷片电容的测量结果，程序同时显示测量的电容值和电感值，需要根据LC表上的挡位开关，用户自已选读电感值或电容值。

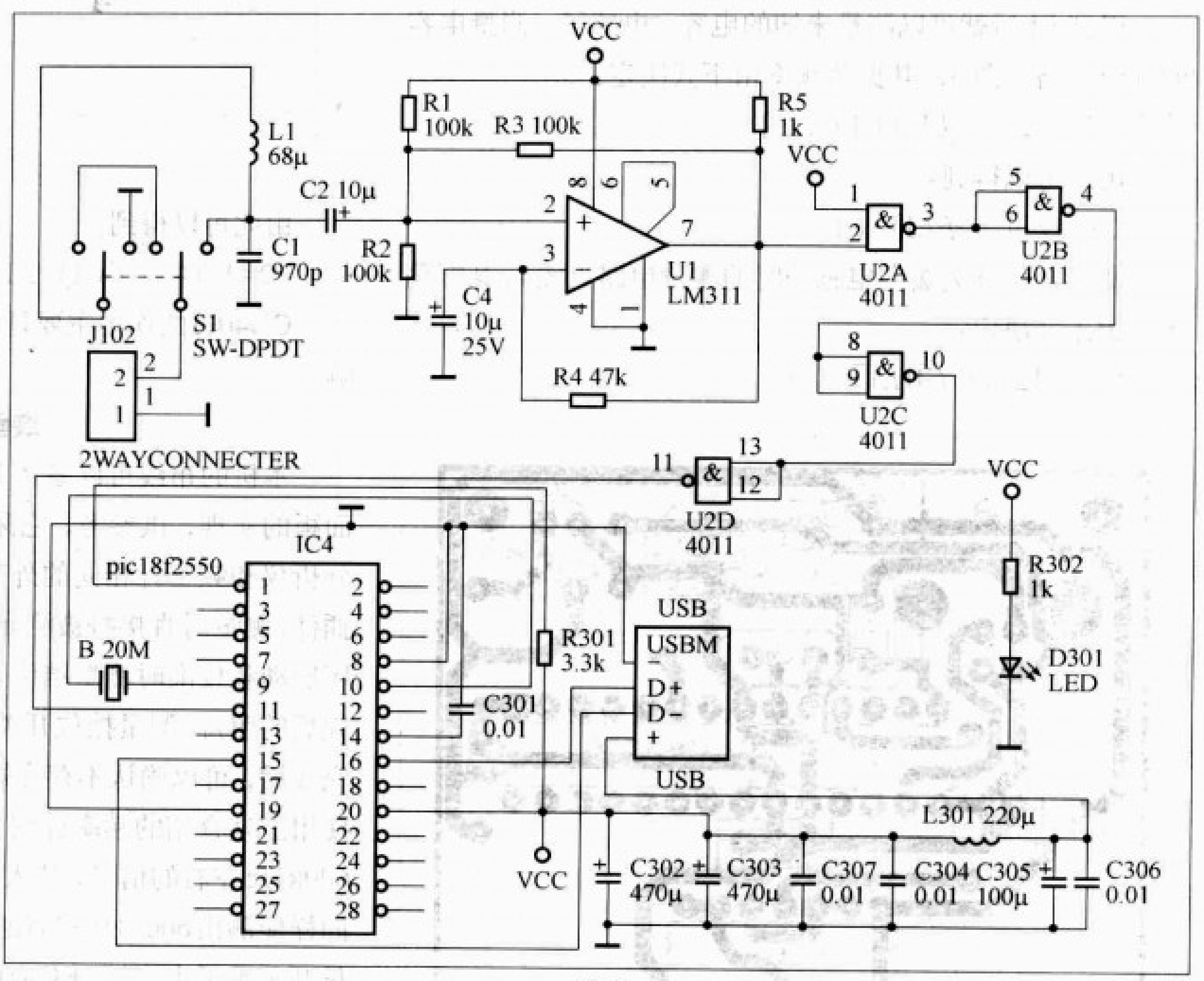


图2

电路原理

电路原理图见图2，从图中可以看出电路由两部分构成，一部分是由PIC18F2550构成的与USB接口频率计相同的频率测量电路及USB接口电路构成，具体原理可以参考频率计的介绍；另一部分就是以LM311N比较器为核心构成的振荡电路，这种振荡器具有稳定、易起振的特点，同时由于其管脚较少，PCB布线也相对从容，其振荡频率由L1、C1和被测电感及电容的值决定，在程序启动时或选择校准时挡位开关应选在电容挡，这时振荡频率完全由L1、C1的值决定：

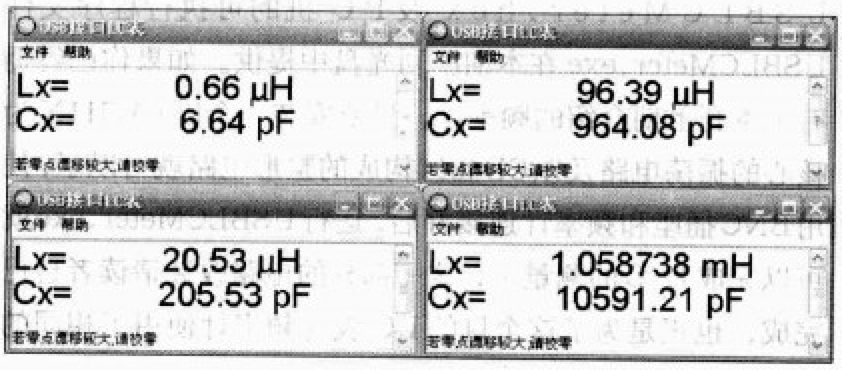


图1

$$f=1/(2\pi\sqrt{L1C1})$$

由上式可知，只要知道$L1$、$C1$和f中的两个值就可以知道另一个值，这里C1选用1%的1000pF的CBB电容，f的精度由单片机的晶振决定，精度应高于0.1%，因此通过f和$C1$就可以计算出$L1$：

$$L1=1/(4\pi^2f^2C1)$$

计算过程中注意各个变量的单位，频率为Hz，对应的电感为H，电容为F；频率为kHz，电感为mH，电容为mF；

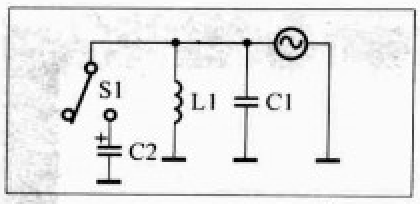


图3

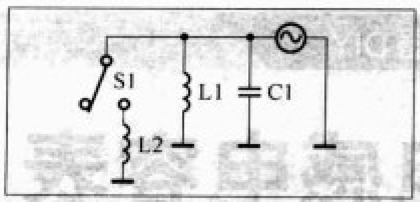


图4

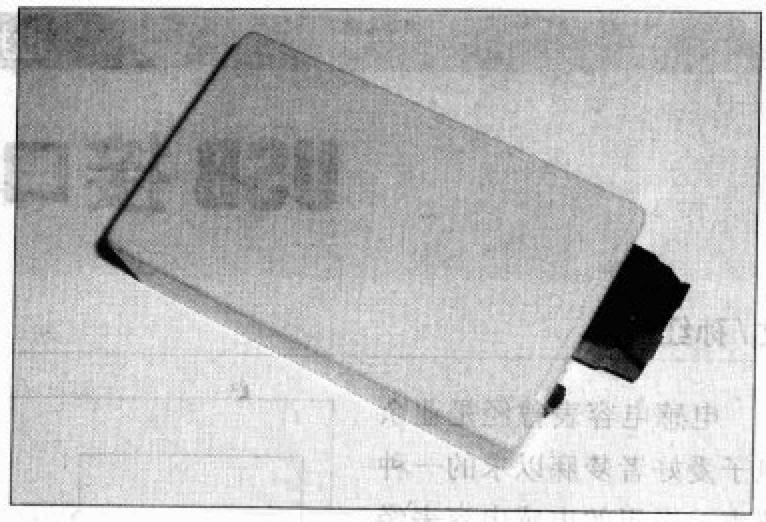


图6

频率为MHz，电感为μH，电容为μF，计算过程中建议选用这一单位以提高计算精度。

得到$L1$后就可以测量未知的电容、电感了，测量电容的等效电路见图3，其振荡频率由下式决定：

$f=1/\left[2\pi\sqrt{L1(C1+C2)}\right]$

由此可以得到：

$C2=1/(4\pi^2f^2L1)-C1$

测量挡位开关拨向电感挡时的测量电路见图4，其振荡频率由下式决定：

$f=1/\left[2\pi\sqrt{C1(L1+L2)}\right]$

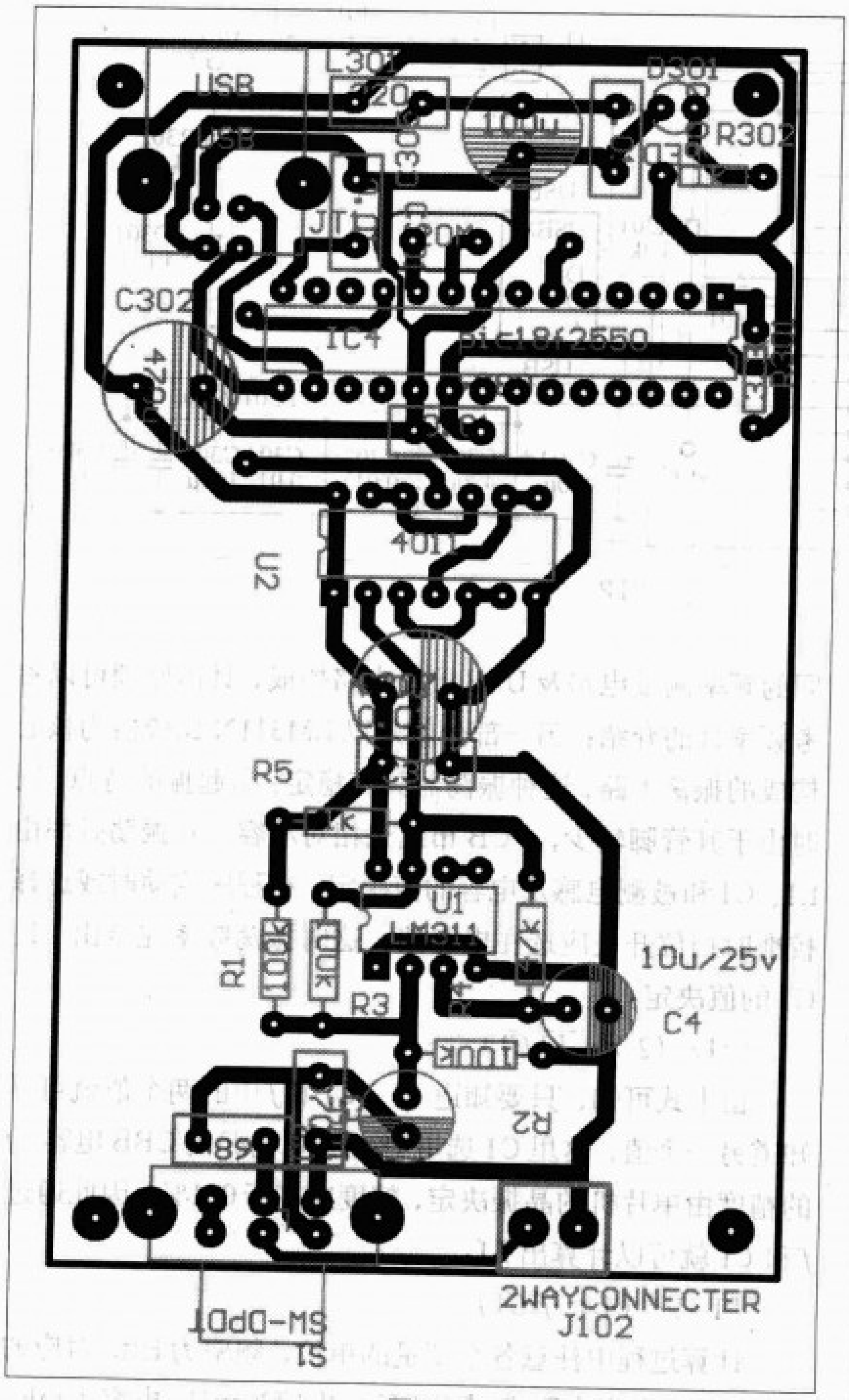


图5

由此可以得到：

$L2=1/(4\pi^2f^2C1)-L1$

CD4011的作用主要是波形整形和减少后级对前级的影响。

装配与使用

本机的布线可以参考USB接口频率计，图5是一种单面板的实现，供参考，它采用了与USB接口示波器、逻辑分析仪和频率计相同的外壳，测量插座使用了一种音箱接插件，测量时直接将被测元件插入测量插座就可以了，在程序启动和校准时测量挡位开关应拨向电容挡，图6是装入外壳后的照片，测量挡位开关拨向测量插座时为电容挡。安装完成后，可以确认不存在短路的情况下，只插入LM311N，使用上期介绍的频率计测量LM311N的7脚，应能测量出600kHz左右的信号，装入CD4011后测量CD4011的11脚，同样能测出600kHz左右的信号，最后插入PIC18F2550，测量开关置于电容挡，PC应能发现名为www.sunxd.com的人体工程学输入设备，运行PC机程序，系统应能正常工作，否则依据以上测试，可以分步查找故障所在，具体的安装调试可参考本刊其他各期相关介绍。同其他USB接口虚拟仪器一样可以同时接入计算机，联合工作，但不可与USB接口频率计同时工作，这是因为它们具有相同的VID和PID。测量过程中如发觉零漂较大，可以随时选择较零，提高测试精度。这款LC表对人体感应比较敏感，如有条件可以装入金属盒中，以减少飘移。单片机程序的烧写映像文件USBLCMeter.hex及PC机的可执行程序文件USBLCMeter.exe在本期配刊光盘中提供。如果你已经拥有了本刊上期介绍的频率计，只要安装一个以LM311N为核心的振荡电路及以CD4011构成的整形电路就可以了，使用BNC插座和频率计连接好后，运行USBLCMeter.exe就可以完成L/C的测量了，这一部分的电路改装请读者自己完成，也正是为了这个目的LC表与频率计使用了相同的VID和PID。

优秀电子课程设计项目集萃

常用无线收发模块应用与选型

文/张建平

遥控、遥感、遥测是未来电子发展的必然趋势，由于无线电的发射器件都工作于射频，因此对器件的要求也较高，一般业余条件下很难完成制作与调试工作，而目前对于无线电技术的应用越来越广泛，尤其对于一些业余无线电爱好者来说，要想拥有所有高频调试的设备几乎是不现实的，因为这些设备价格昂贵。针对这些实际情况，许多专业生产厂家专门生产了用于无线数据传输的无线收发模块，将对高频部分的安装与调试工作全部在专业生产场所内完成，用户只要为其提供电源和所要发送的编码数据，就可以在接收端的数据输出端得到发送端的原始数据，这样就可以使无线电技术的应用得到推广。

从目前对无线电收发模块的应用来看，主要可分为两大类：调频收发模块和调幅收发模块。

目前被广泛运用的是调幅形式的收发组件，由于其性价比较高，同时生产也较为方便，对一些要求不是太高的应用场合都可采用这种模块，因此本文中也重点对这种器件的应用与选型进行介绍。

一、无线发射模块

考虑到电路的微功耗要求，一般这类模块都采用了ASK方式调制，参考电路如图1所示。

图1中的无线数据发射模块的工作频率为315MHz，采用声表谐振器SAW稳频，频率稳定度极高，当环境温度在－25℃～＋85℃之间变化时，频飘仅为3ppm/度。特别适合多发一收无线遥控及数据传输系统。声表谐振器的频率稳定度仅次于晶体，而一般的LC振荡器频率稳定度及一致性较差，即使采用高品质微调电容，温差变化及振动也很难保证已调好的频点不会发生偏移。

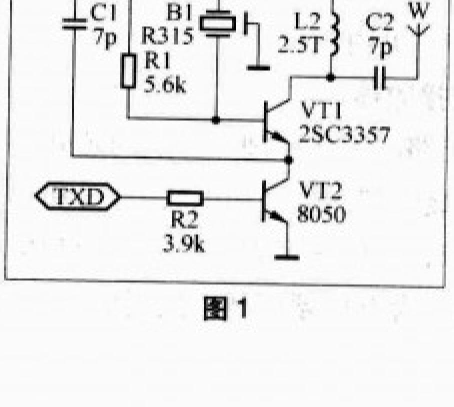


图1

发射模块未设编码集成电路，而增加了一只数据调制三极管VT2，这种结构使得它可以方便地和其他固定编码电路、滚动码电路及单片机接口，而不必考虑编码电路的工作电压和输出幅度信号值的大小。比如用PT2262或者SM5262等编码集成电路配接时，直接将它们的数据输出端第17脚接至模块的输入端即可。

这种无线发射模块具有较宽的工作电压范围3V～12V，当电压变化时发射频率基本不变，和发射模块配套的接收模块无需任何调整就能稳定地接收。按图1中元件参数设计的无线发射器件，当发射电压为3V时，空旷地传输距离约20m～50m，发射功率较小；当电压5V时约100m～200m；当电压9V时约300m～500m，当发射电压为12V时，为最佳工作电压，具有较好的发射效果。当电压大于12V时功耗增大，有效发射功率不再明显提高。不同的电路参数，有不同的发射功率及发射距离，要想获得较好的发射效果，必须接上天线，天线最好选用25cm长的导线，远距离传输时最好能够竖立起来，因为无线电信号传输时受很多因素的影响，所以一般实用距离只有标称距离的一半甚至更少，这点需要在开发时注意。

为了配合实际应用中的低功耗，这类模块普遍采用ASK方式工作。当数据信号停止时发射电流降为零。数据信号与发射模块输入端可以用电阻或者直接连接，而不能用电容耦合，否则发射模块将不能正常工作。数据电平应接近无线发射模块的实际工作电压，以获得较高的调制效果。

无线发射模块最好能垂直安装在主板的边缘，应离开周围器件5mm以上，以免受分布参数影响。模块的传输距离与调制信号频率及幅度、发射电压及电池容量、发射天线、接收机的灵敏度、收发环境有关。图1所示电路的发射模块，一般在开阔区最大发射距离约800m，在有障碍的情况下，距离会缩短，由于无线电信号传输过程中的折射和反射会形成一些死区及不稳定区域，不同的收发环境会有不同的收发距离。这一点对于使用者来说必须注意，笔者在对这类模块进行应用时，也曾出现过一些问题，这里把他介绍给大家，希望能给在这方面应用的读者一定的启发：我们在为一家棋牌房设计无线呼叫系统时，选用的是1000m的发射模块（很多厂家都是这样标识的，实际运用时还是要根据具体的环境来试验。）这种模块我们在室外空旷处曾试验过，在500m处可以正常接收，然而运用在这里时，相隔5个房间后就无法接收，实际距离大约在30m左右。这个环境的情况为：楼层高度为2.6m，所有的发射器件均安装于

封闭的包箱内。为了达到可靠的呼叫功能，我们增加了两级中继器进行信号放大后才实现功能。以上例子说明，这种无线收发器件直线传输性能较好，而绕射性能将大大降低。因此读者在对这类发射器件进行选型时，经济允许的前提下，尽量选用大功率发射器件，这样可以有效地提高系统的可靠性。如何判断发射器件是否为大功率，这里向大家介绍几个常用的方法：

1.查看厂家提供的资料。这里要说明一点，就是不要去看厂家提供的多少距离的数据，如很多厂家会写着如“500米、1000米”等数据，这些全是理论中的理想状态值，实际上肯定是达不到的，那么要看什么数据呢？看它的发射电流及发射功率，这些数据是实际可以测得的，因此具有较好的参考价值。而标距离的话，不同的环境距离是完全不同的。

2.看所选用的模块上的发射管。现在市面上出售的模块采用的是贴片元件生产，其原理图基本上采用的是本文前面介绍的电路（不同的厂家略有不同），上面有两只三极管，一只是作为数据调制用的，另一只是作为高频振荡管用的，若两只外型差不多，那就是用的3356振荡管，仔细看可以看到上面写着“R25”，见图2。图中画圈的管子为3356振荡管，这种模块功率较小，超过50m以上的控制系统中，尽量不要选用这种，否则的话可靠性会降低。若看到两只三极管中，其中一只较大，上面写着“RF”，见图3，这说明用的是3357振荡管，这种管子的功率要比前者大，因此遥控距离也会有所增加。但是对于超过100m以上的场合，要有可靠的接收效果，最好还是不要选用这种发射器件。

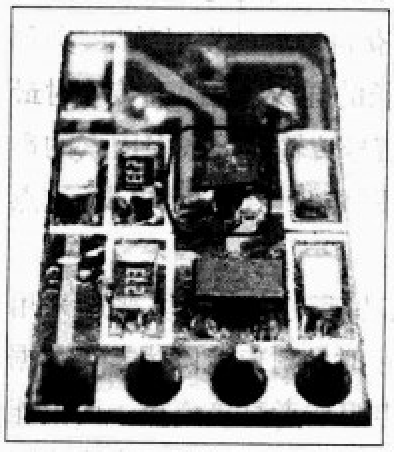


图2

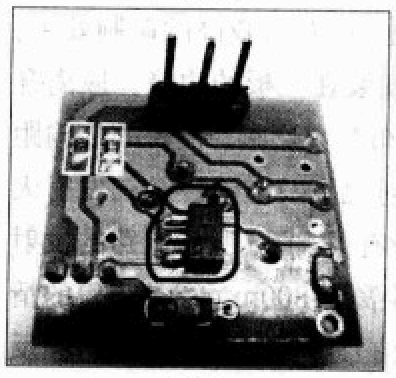


图3

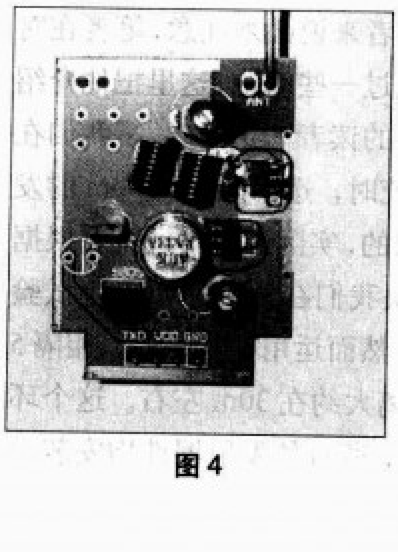


图4

3.看板子上是否在晶振边上有两只较大的三极管。若有两只较大的三极管，就说明一只是作为振荡管，另一只是作为高放管用的，见图4。这种发射器件就属于较大功率的，实际运用中若要想在100m以外有效进行控制，最好选用这类器件。但是这类器件由于生产起来较为复杂，特别是调试，比较麻烦，因此生产成本也偏高，售价往往是普通发射器件的好几倍。但是在选用这类器件时，有个致命的缺点，使用不当的话很容易造成器件永久性损坏，那就是不允许发射器件长期工作，同时在工作时，不要用手去碰天线，否则将使振荡管过热而烧毁大功率三极管。

4.以上介绍的是通过观察的方法来进行判断，但并非符合条件的发射器件就一定是好的，最好的方法还是实际运用，在不方便测试距离时，可以通过测量静态电流和工作电流的值初步判断是否工作可靠。对于大功率发射器件，还有个测试方法：将发射器件接上电源，然后将天线靠近收音机，当将正电源接一1kΩ左右的电阻去碰发射器件的数据端时，若正常，可以听到收音机中的“吱、吱”干扰声，这个声音的大小和发射器件天线与收音机天线的距离大小有关，据此可初步判断器件的性能。

二、无线接收模块

与前面所讲到的各发射模块相对应的接收模块常用的有两种：即超再生接收和超外差（内差）接收模块。

1.超再生检波接收器

超再生检波电路实际上是一个受间歇振荡控制的高频振荡器，这个高频振荡器采用电容三点式振荡，振荡频率和发射器的发射频率相一致。而间歇振荡又是在高频振荡的振荡过程中产生的，反过来又控制着高频振荡器的振荡与间歇。而间歇振荡的频率是由电路的参数决定的（一般为1百到几百千赫）。这个频率选低了，电路的抗干扰性能较好，但接收灵敏度较低；若频率选高，接收灵敏度较好，但抗干扰性能变差。超再生检波电路有很高的增益，在未收到控制信号时，由于受外界杂散信号的干扰和电路自身的热骚动，产生一种特有的噪声，叫超噪声，这个噪声的频率范围为0.3kHz～5kHz之间，听起来像流水似的“沙沙”声。在无信号时，超噪声电平很高，经滤波放大后输出噪声电压；当有控制信号到来时，电路谐振，超噪声被抑制，高频振荡器开始产生振荡，输出信号。图5是常用的超再生接收模块电路原理图，图中VT1等组成高放电路，VT2及相关元件组成超再生检波电路，检出的控制信号经两级运放进行放大处理后，从输出端输出解调后的数据信息。这种模块有很多厂家生产，外型基本差不多，见图6。

2.超外差（内差）检波接收器

超外差（内差）式接收电路的工作原理和一般的超外差式收音机的原理相同。它将接收到的信号加以放大，并和本机产生的等幅振荡信号相减，产生一个固定频率的中频信号，这个中频信号的幅度中包含有低频调制的控制信号，将

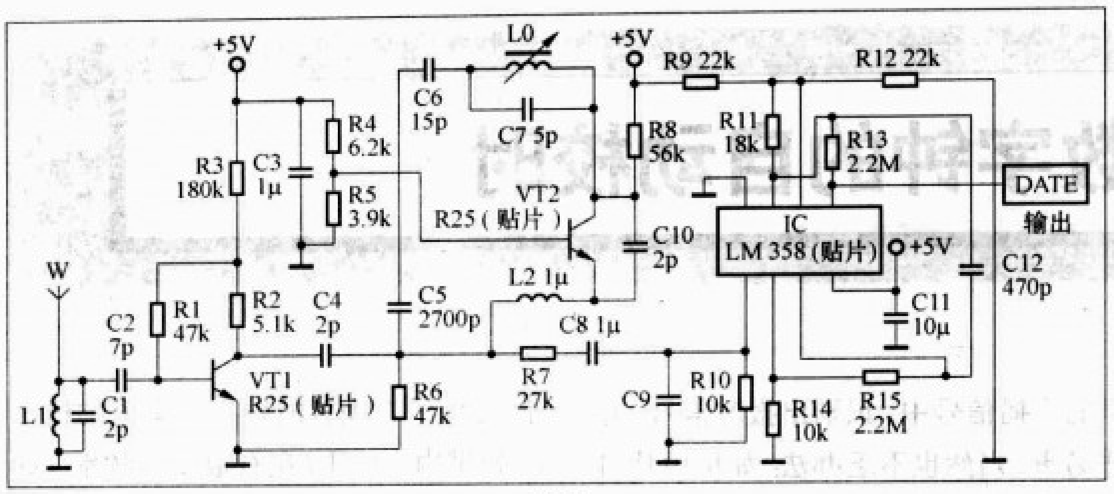


图5

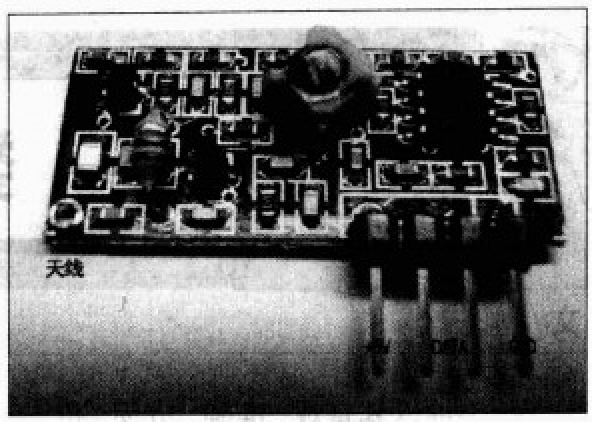


图6

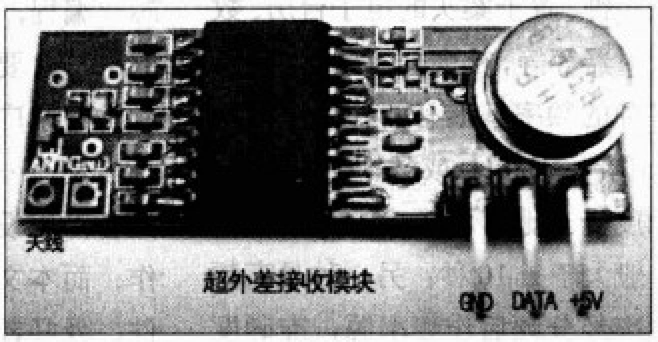


图8

这个中频信号加以两级或三级放大，然后进行检波，将中频信号中所包含的低频指令信息取出，就得到正确的遥控信号。由于中频放大器设有自动增益控制回路，因此，它的增益可以设计得很高而工作十分稳定，这就使得超外差接收机不论对强信号还是弱信号，都能做到基本相同的放大倍数，也正是因为采用了中频放大器，它的信号放大倍数可以达到很大，也就使电路的接收灵敏度大大提高，一般可达到0.1mV左右，与超再生检波电路相比，超外差式接收模块，无论在接收灵敏度上，还是选择性上都有很大的提高，在抗干扰方面更加显著。图7是用集成电路RX3310作为检波电路的超外差接收模块的原理图，其外型见图8。

三、超外差（内差）模块与超再生模块的应用比较

前面我们介绍了两者的工作原理，接下来的篇幅中，我们谈一下读者在实际应用时两者如何选择的问题。

1.两者的成本不一

超外差（内差）类接收模块价格相对来说较高。现在市场上出售的超外差（内差）器件，普遍采用的是3310或3400作为主要器件，同时还必须采用晶体作为本振的时钟，因此生产的成本较高；超再生模块，普遍采用的是一片双运放芯片LM358作为数据的放大与整形，因此成本较低。

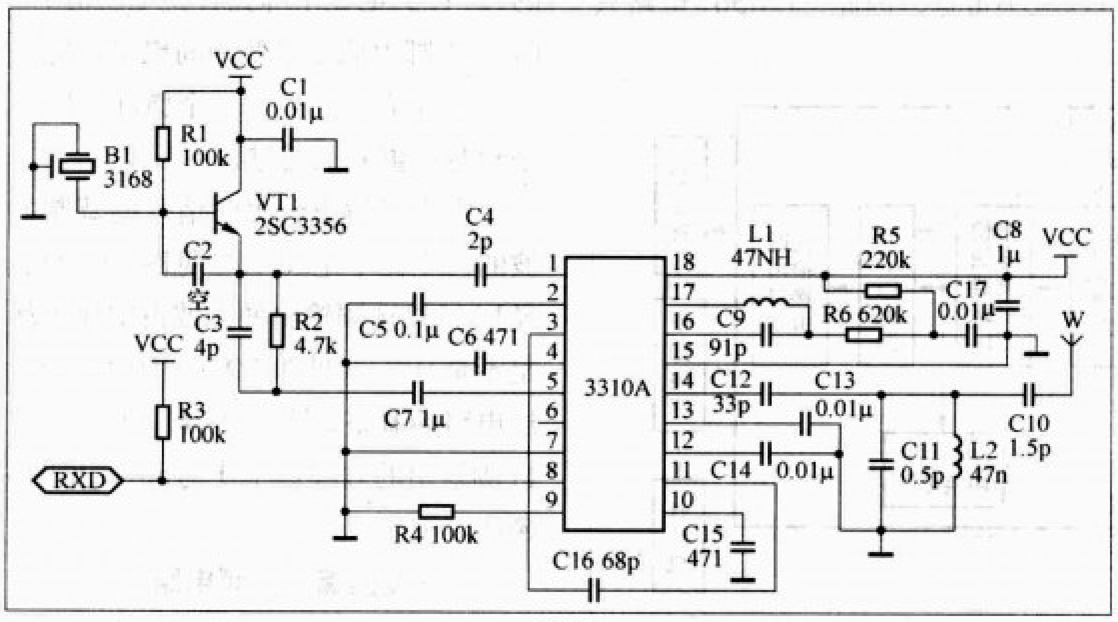


图7

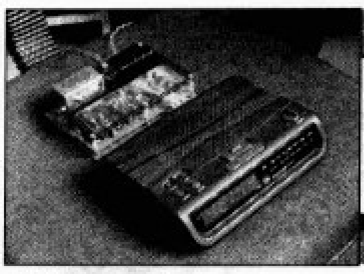
2.两者接收灵敏度不一

从两者的工作原理中，我们可以看出，超外差（内差）模块接收的是两个频率的差值信号，因此在放大环节中可以将通频带做得较窄，这样其灵敏度就可以做得较高；超再生则不然，他靠的是热噪声信号作为是否接收到数据的判断依据，无法做到足够窄的通频带，因此就容易受到外界无线电信号的干扰。

3.应用中的选型

若在经济允许的前提下，尽量选用超外差（内差）类器件，其抗干扰性能较好。特别是远距离应用时，最好选用这类器件。但是这种器件在近距离应用时，会发生信号阻塞现象，即距离很近时，反而无法正确接收信号了。这是由于近距离时，信号强度太强，致使信道阻塞，所以无法完成解调。若在近距离应用时，超外差和超再生模块效果相差不是太明显，因此从降低成本的角度出发，完全可以选用超再生模块。

这里需要特别申明的一点是，无线控制系统的可靠性还与发送数据的控制方式有关。就拿PT2272作为解码的系统来说，有锁存型输出和暂存型输出之分，在实际的应用中，要想获得较高的稳定性，最好选用锁存型芯片；若应用中的逻辑关系必须是暂存型的，那在对无线接收器件的选用上，最好选用超外差（内差）器件作为接收。



数字钟的自动校时

文/林芝松

数字钟以其直观、准确、方便、价廉物美而被人们乐于使用，如厅堂的大型数字钟、置于案头的电子台历、数字钟定时器等等，社会拥有量巨大。目前数字钟的频率基准有两种，一是以市电工频频率(50Hz或60Hz)为基准，其准确度受当地市电频率的牵制，日误差一般大于±10秒；另一种是高频晶振频率经分频后作频率源，准确度大大提高。但不论是采用专业数字钟芯片或是采用单片机制作的数字钟，皆存在误差问题，即使采用温补晶体振荡电路，其日积月累的误差就十分可观了，不时需对数字钟进行人工校时，费神又欠准确。笔者利用常用价廉的CMOS电路组装了一台装置，配合收音机每日定时对数字钟进行一次自动校时，经几个月的使用，实践证明可靠实用，现介绍给大家。

电路原理

中央广播电台的整点报时信号为6响，前5响的频率为800Hz，最后一响的频率为1600Hz，历时约10s。要在富含800Hz和1600Hz频率的音乐声和人声的广播信号中，识别出报时信号，并非易事，当然也不乏办法：如用单片机芯片编程，不断对收音信号进行比对，取出符合要求的信号；又如用录音芯片，记录广播电台的报时信号比对收音信号……等等，但其成本较高，对不具备专用设备的爱好者来说，不易操作，而本文的电路采用极普通的元器件，爱好者容易装制成功。

图1是电路方框图，图2是电路原理图。现将电路各部分的功能介绍如下：

1.信号输入与选频电路

IC1－LM567是音调解码器集成电路，作为选频电路应用时，5、6脚上所接的R1、RP2（R2、RP3）、C2决定响应频带的中心频率$f \approx 1/[1.1(R1+RP2)C2]$。音频信号经RP1调节，C1耦合至3脚，当输入的音频信号落入f左右很窄的频带内时，8脚才有输出，由高电平变为低电平，R3为上拉电阻；2脚上的电容C3决定带宽，带宽反比于f和$C3$的乘积，增加C3的值，可以减小带宽。因此，LM567电路只能“锁定”在预置的输入频率值的极窄的频带内，只让f左右很窄的频率（如800±10Hz）“通过”，其余“拒之门外”。为了避免8脚输出可能会在开关期间过渡历程而发生脉冲，一般选择C4值为C3值的2倍。

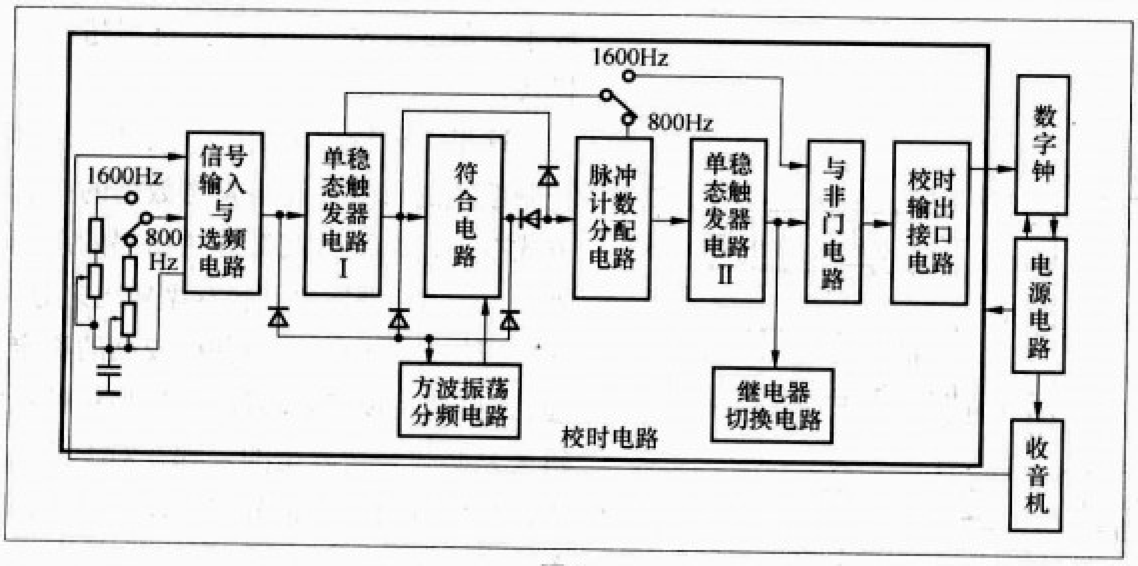


图1

2.单稳态触发器电路Ⅰ

由1/2个IC2（CD4093）及外围电路构成单稳态触发器电路，用下降脉冲沿触发，R4、C7、R5、RP4、C8的值决定脉冲宽度，调节RP4的值可对脉冲宽度（低电平）进行微调。当脉冲下降跳变沿到来时，通过C7耦合，IC2a输入端1、2脚跳变为低电平，输出端3脚变为高电平，+V电源通过IC2a中导通的晶体管和VD1对C8充电，这个充电时间与其他时间常数相比，可以忽略不计。因此IC2b的12、13脚很快建立高电平，11脚转换为低电平。接着+V通过R4对C7充电，1、2脚电位逐渐升高，直至其转换电压值V_{TR}，则3脚输出为低电平，VD1截止，于是C8开始对R5、RP4放电，当IC2b的12、13脚电位下降到转换电压值V_{TR}时，11脚由低电平变为高电平，完成一个脉冲输出。当下一个脉冲下降沿来到时，重复上述过程。

中央广播电台报时信号的调制方波的占空比不是50%，参见图3①示意。经LM567选频输出的方波占空比当然也不是50%，(见图3②)，因此需经上述电路的调整。调节RP4，使IC2b的11脚输出的方波占空比为50%，见图3④所示。

3.方波振荡、分频电路

IC3－CD4060及外围阻容元件构

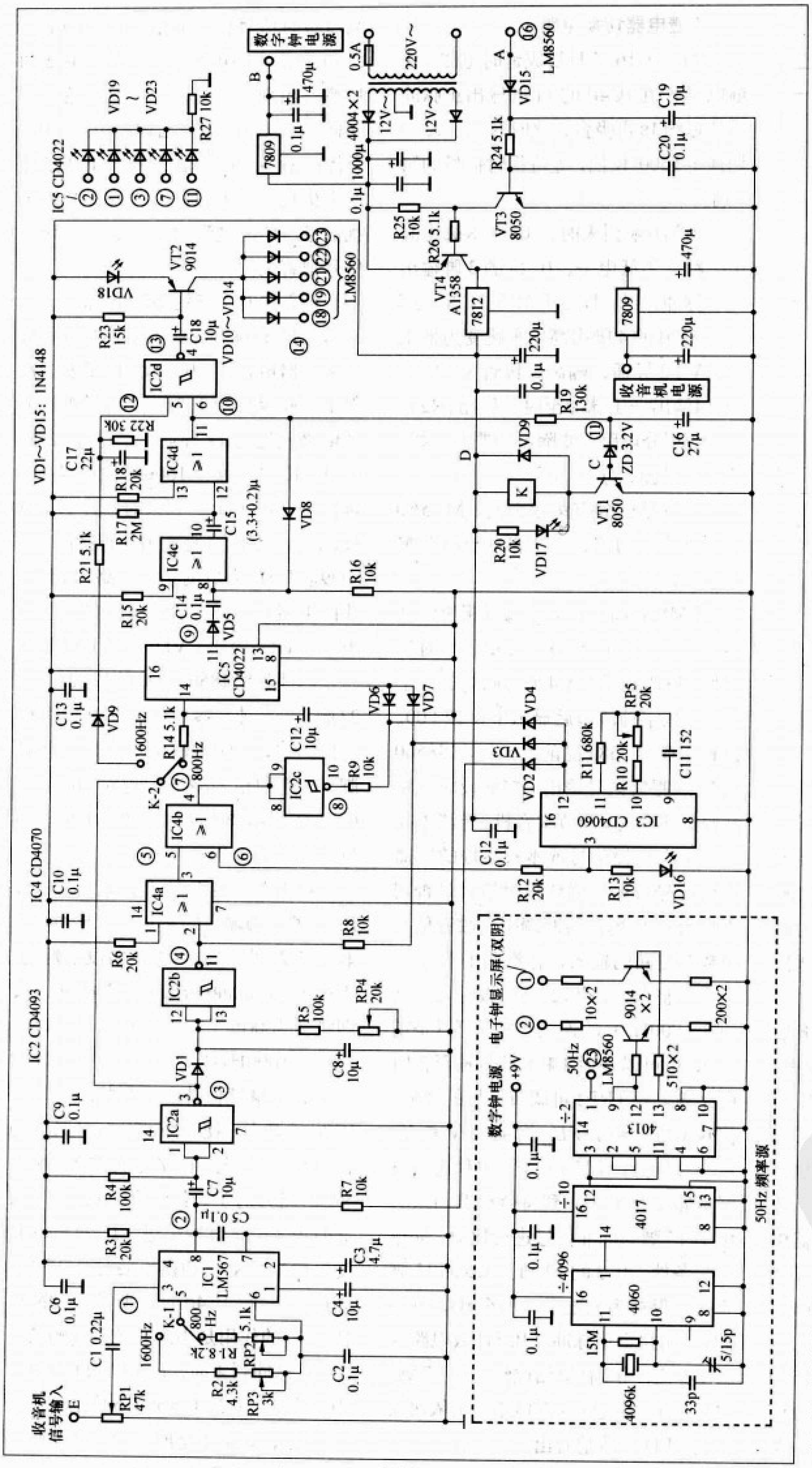


图2

成方波振荡、分频电路，9、10脚上所接的R10、RP5、C11的值决定振荡频率$f \approx 1/[2.2C11(R10+RP5)]$，R11是为了改善振荡器的稳定性，一般取R11≥10(R10+RP5)。3脚输出的是f经16384（2^{14}）级分频的占空比为50%的方波。此方波经电阻R12送至符合电路IC4b的6脚，作为比对的标准信号。采用2^{14}级分频电路，使3脚输出的频率稳定度得到大大提高，弥补了RC振荡电路的不足。12脚为公共清零端，只要加上一高电位或正脉冲，就迫使振荡器停振。由IC1的8脚、IC2b的11脚、IC2c的10脚分别经VD2、VD3、VD4构成的或门电路接至IC3的12脚，只要有一路为低电平，振荡器即起振。

4.符合电路

由1／2的四异或门电路CD4070和IC2c组成符合电路。IC2b的11脚输出的方波信号经IC4a反相后输至IC4b的5脚，与6脚的标准信号进行比对，只有当5脚信号的频率、脉宽与6脚标准信号相同，并互为反相时，IC4b的4脚才为高电平，经IC2c反相为低电平，经R9输出，作为IC3和脉冲计数、分配电路IC5清零端的“解禁”信号。参见图3⑤、⑥、⑦、⑧所示。如果频率、脉宽、互为反相这三个条件中有一个不符合，IC2c的10脚即为高电平，则IC3停振清零，IC5清零复位。

5.脉冲计数、分配电路

CD4022是八进制脉冲计数、分配电路。当13、15脚为低电平时，14脚每个输入的正向脉冲的瞬变就将计数器推进一步位，在任何时间内8个输出中有7个处于低电位状态，只有余下的一个呈高电位。IC2a的3脚输出的正向

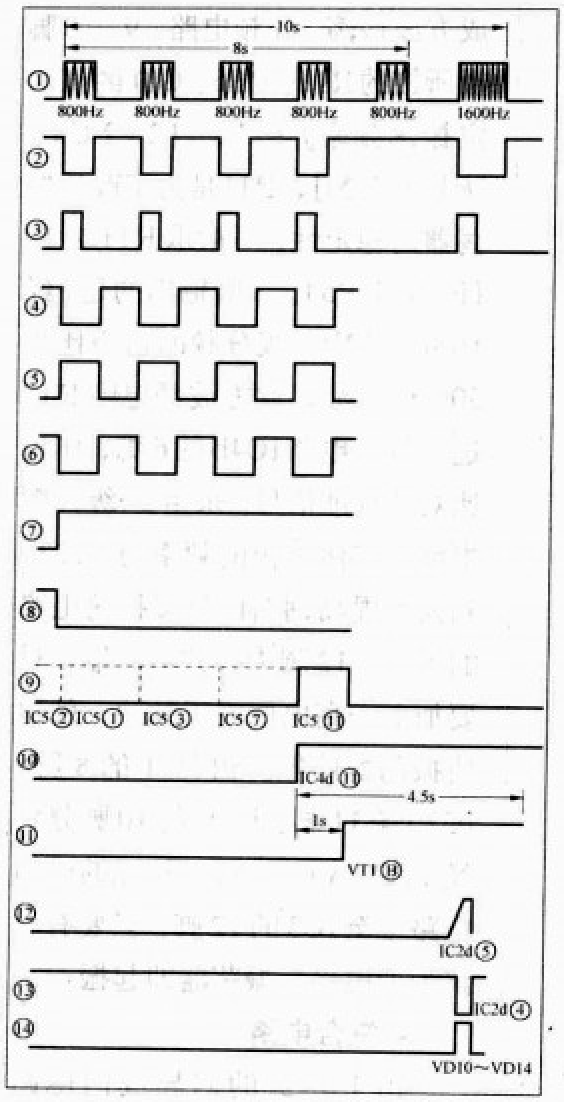


图3 各点波形图

脉冲经K−2选择、R14至IC5的14脚，与此同时，15脚上的VD6、VD7所组成的或门电路中只要有一路处于低电平，计数器即推进一位，由原始位2脚进一位至1脚，此时，15脚如果仍为低电平，那么，下一个正向脉冲到来时，又由1脚进一位至3脚，如是，连续4个正向脉冲，11脚才呈高电平，波形见图3④、⑧、⑨。如果在此过程中，15脚一呈高电平，那么IC5即复位，回原始状态，2脚为高电平。R14、C12组成的积分电路，增强抗干扰能力。

6.单稳态触发器电路Ⅱ

IC4c、IC4d组成单稳态触发器电路，由输入脉冲的正跳变沿触发。IC5的11脚输出的正脉冲经VD5、C14对IC4c的8脚触发，IC4d的11脚输出宽度约为4.5s的正脉冲（由R17、C15的值决定），见图3⑩波形。正脉冲分两路输出，一路至IC2d的6脚，另一路至继电器驱动电路。

7.继电器切换电路

R19、C16、ZD组成延时电路，使继电器K在IC4d的11脚输出正脉冲后延迟约1s再吸合，此时K−1、K−2切换至1600Hz挡，等待报时信号的第6响。

当第6响到来时，IC1的8脚由高电平跳变为低电平，IC2a的3脚输出一正脉冲，经VD9、R21至IC2d的5脚，IC2d的4脚由高电平跳变为低电平，VT2导通，隔离二极管VD10～VD14输出一正脉冲至时钟电路。R21、C17的积分电路，滤除不必要的干扰。波形图见图3⑪～⑭。

现以社会拥有量很大的LM8560数字钟芯片为例，说明自动校时的整个过程。

LM8560芯片的19脚（报警时间显示）、21脚（校分）、22脚（校时）、23脚（睡眠启动）等4个脚同时送一正脉冲，数字钟清零后显示午夜12:00。设置午夜11:58（提前2分钟）LM8560的16脚报警信号输出，接通校时电路和收音机电源，调节收音机，能清晰收到中央台广播信号或本省本地的广播电台信号（但要确认报时信号是否同中央台），由扬声器两端引出收音信号至校时电路的输入，音量调小些。

当整点（午夜12:00）报时信号前5响（800Hz）的连续4响（可以是前4响，也可以是后4响）信号输至校时电路输入端（RP1可调节信号的强弱，使IC1的3脚信号U_{IP}为400mV ≤ U_{IP} ≤ 1V即可），经IC1选频，单稳态触发器电路Ⅰ整形，送到符合电路与来自IC3的3脚的标准信号进行比对，如果符合条件，IC3的12脚、IC5的15脚将一直保持为低电平，那么IC2a的3脚输出的4个正脉冲使IC5计数电路推进4步位，由2脚原始位经1、3、7脚，最后使11脚跳变为高电平，由依次发光的LED可清楚看出。

在此过程中只有连续4个频率、脉宽与报时信号相同的信号才能使IC5的11脚输出高电平，否则只要IC5的15脚一出现高电平，IC5即清零复位；同样，IC3的12脚一出现高电平，IC3即停振清零。显然，出现符合上述条件的干扰几率极小。退一万步说，某种干扰信号即使能进到此步，也还有第6响信号把着关。

接着校时电路检测第6响信号。当IC5的11脚跳变为高电平，触发单稳态触发器电路Ⅱ，IC4d的11脚变为高电平，并保持约4.5s，此时继电器驱动电路延迟约1s导通，继电器吸合，K−1、K−2切换至1600Hz挡。当第6响信号（1600Hz）到来时，经IC1选频，IC2a反相，3脚输出一正脉冲，经VD9和R21、C17的积分电路，加到与非门电路IC2d的5脚，4脚跳变为低电平，VT2导通，VD11～VD14输出一正脉冲到LM8560芯片的19、21、22、23脚，数字钟清零后显示午夜12:00，与此同时，VD10输出一正脉冲至18脚，报警关闭，切断校时电路和收音机的电源，本次校时结束，翌日的此时再进行上述的过程。

继电器延迟1s吸合，是为了避开IC2a的3脚输出的第4个正脉冲对与非门IC2d的5脚的干扰。假设不延迟，当第4个正脉冲一出现，IC4d的11脚即跳变为高电平，继电器吸合，K−2切换至1600Hz挡，因正脉冲的宽度约0.8s，还继续保持高电平状态，加至IC2d 5脚上，使IC2d翻转，4脚变为低电平，VT2导通，数字钟在前4响或5响时就校时了。若延迟1s后再吸合，此时第4个正脉冲已过，IC2a的3脚为低电平，K−2切换不会对IC2d的5脚产生干扰。IC4d的11脚的正脉冲保持4.5s的作用是当连续的前4响的第4个正脉冲到来时，IC4d的11脚跳变为高电平，从第4响至第6响结束需时约4s多，如果不延时4.5s，第6响将无法检测。这里为什么不用连续5响信

号来触发呢？这样不是可靠性更高，而且电路上极易实现，只要从IC5的4脚取出信号即可吗？笔者认为广播信号受各种因素的影响，有时第1响报时信号往往容易被其他信号淹没，这样一来反而使本次校时失败，而5响中取连续4响，其抗扰能力已足够矣！

如上所述，多道关口来滤除干扰，误动作的几率几乎为零，笔者曾用收音信号和CD音乐信号对校时电路长时间试验，又经几个月的使用，还没发现有误校时。

元器件选择及调试使用

本电路中有几处的RC值决定振荡频率和脉宽，要选用稳定性好的元件。RP2、RP3、RP4、RP5选用实芯电位器，能选用多圈微调电位器更好；R1、R2、R4、R5、R10、R17选用金属膜电阻；C2、C11选用CBB电容器；C7、C8、C15选用质量好，容量准确的电解电容器；C6、C9、C10、C12、C13为各集成电路电源去耦电容，选用高频瓷片电容且靠近各自的集成电路安装。

笔者用一块万能板，采用搭焊方法组装，配合一台钟控收音机组成一套自动校时数字钟。钟控收音机的电源部分经改制，数字钟的频率基准已由市电的50Hz改为采用高频晶振频率经分频后取得，电路实物如图4所示。

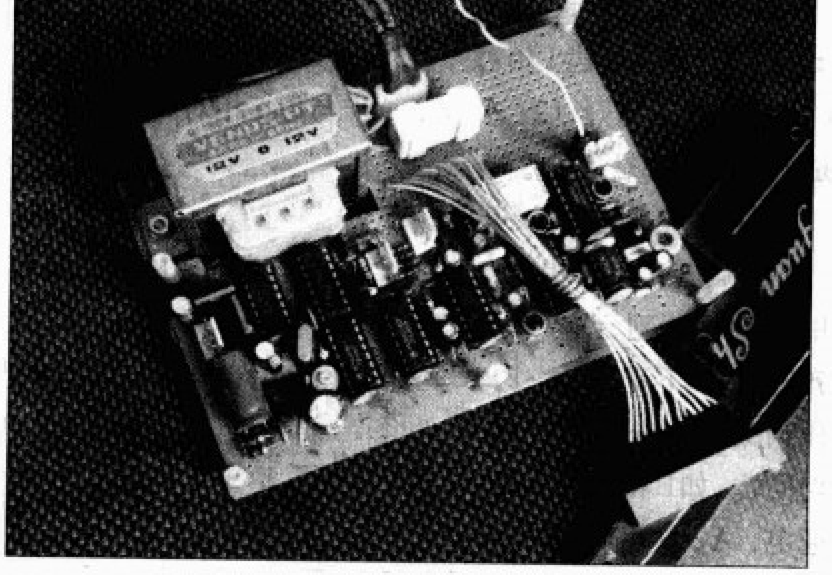


图4

校时电路调试时，最好有数字频率计、示波器，若不具备，用万用表、秒表也可调试成功。

在图2中，A、B点用一个10kΩ电阻连接，校时电路加电。首先调节选频电路的中心频率：频率计（或示波器）接IC1的5脚，调节RP2使方波频率为800Hz。VT1基极（C点）用一个10kΩ电阻接到+V（D点），使继电器吸合，K-1切换至1600Hz挡，调节RP3使IC1的5脚方波频率为1600Hz，撤去C、D间加接的10kΩ电阻。

也可用《无线电》2002年第11期所附的《音频测试CD碟》和万用表进行调试：万用表接IC1的8脚与“地”端，播放CD碟27段（800Hz），输出信号接至E点，调节RP2使万用表指示由高电平跳变为低电平，反复几次，然后用CD输出的800Hz信号触碰E点，IC1的8脚的电平应高低之间跳变。用前述的方法使K-1切换至1600Hz挡，播放CD碟30段（1600Hz），调节RP3使之达到要求，具体操作同800Hz的调试。

接着，调节IC3的3脚的标准频率：IC3的3脚输出的标准频率的周期$T=8 \div 4.5 \approx 1.78$（s），见图3①，则$f=1/T \approx 0.56$（Hz）。那么IC3的9脚的振荡频率：$f=0.56 \times 16384 \approx 9204.5$（Hz）。IC3的12脚用一导线接电路“地”端，频率计（或示波器）接7脚，调节RP5使方波频率为：$9204.5 \div 16 \approx 575.3$（Hz）。（不要直接测9脚的频率，因为频率计或示波器的输入电容对振荡频率有影响）。也可以直接测出IC3的3脚输出方波的周期方法调试。IC3的12脚接一导线，用秒表计时（也可看手表秒针），12脚导线接触电路“地”端瞬间开始计时，VD16第5次刚点亮为止，应为8s，调节RP5使之达到要求，反复几次。

然后用录音机录下报时信号，反复放反复调节RP4使校时电路能按前述的自动校时的整个过程进行工作。

最后拆去A、B点之间暂接的10kΩ电阻，连接与数字钟、收音机之间的接线，先用人工启动报警信号，校时电路和收音机加电，调节收音机调谐器与音量电位器，收到清晰的广播声音，以后使用过程中不要再调节调谐器和音量。拔掉电源插座，再接通，校时电路与收音机断电，设置报警时间为午夜11:58，调准数字钟时间，即可投入使用。

还有一种情况，当地只能收到的报时信号不是如上述的，但只要弄清所收到的报时信号的频率、间隔，对本电路中相关的几个R、C值进行调整，即可满足要求。

其他的应用

LM8361（MHZ7317）是与LM8560并驾齐驱的另一种专业数字钟芯片，校时输出与LM8361的32、33、34、26脚连接，A点与LM8361的25脚连接，报警时间设置同LM8560，午夜12:00自动校时。

《无线电》2007年第5期介绍的《用PIC单片机制作LED数字钟》也可用本装置自动校时，只要校时输出接口电路作些变动，改低电平触发，闹钟报警部分稍作改动即可，闹钟报警时间设置为上午9:58，10:00校时。第9期介绍的《改进的时钟定时电路》可直接使用。

对校时输出的接口电路进行改造，还可应用于微机控制的塔钟的自动校时。

总之，只要对本电路的报警输入电路和校时接口电路适当改造后皆能应用于绝大部分数字钟的自动校时。

用AT89C51做步进电机运行自动化控制器

文/周琳凯

本设计通过AT89C51单片机对步进电机进行控制，主要介绍了本控制器的主控芯片、步进电机驱动电路、系统显示电路的设计和软件设计思想。实现了对步进电机的控制，使电机按照预定方式进行自动化运行。

步进电机广泛应用于对精度要求比较高的运动控制系统中，如机器人、打印机、软盘驱动器、绘图仪、机械阀门控制器等，它们已影响到我们各方面的日常生活。因此，研究步进电机的控制方式和精度具有重要的意义。

近年来，市场上陆续出现了一些脉冲分配器专用集成电路以及步进电机驱动电路集成块，这些集成电路的特点是体积小，驱动效率高，系统控制较为稳定，可广泛应用于要求高效率、高精度、高稳定性的设备中，如打印机、绘图仪、磁盘驱动器以及数控机床等。但这类驱动模块也存在不足之处：第一，用户对驱动模块的控制机理较难掌握；第二，品种少，价格昂贵；第三，该类驱动模块的柔性控制性能较差，只能实现某种专用功能控制。在对步进电机的控制要求不高的情况下，没有必要花费大量的精力学习如何控制驱动模块，更不必花费太多的财力来购买这种驱动模块。现介绍利用AT89C51单片机作为控制器，实现对步进电机的简易控制方法，并提供了相应的硬件电路及软件控制流程图。该控制系统具有硬件电路简单、编程容易、成本低廉，易于实现对步进电机的控制等特点。

本控制器的主要技术参数：

1. 电压适应范围：220VAC ± 10%；
2. 步数可调范围：0~999步；
3. 距离可调范围：0~99cm；
4. 测量误差：≤ ± 2%。

功能指标：

1. 设定电机的正反转步数，0~99（可变更）
2. 设定电机的正反转距离，0~99cm。
3. 设定电机的运行速度，1cm/s~9cm/s。
4. 设定电机的运行方向，先正后反，先反后正。
5. 设定电机的运行方式，按照步数或按照距离。

总体方案说明

整个系统采用AT89C51作为主控芯片，4 × 4矩阵键盘输入功能参数（步数、距离、速度），并同时显示出这些功能参数，P2口作为电机驱动的输入控制口。系统总体方案如图1所示。

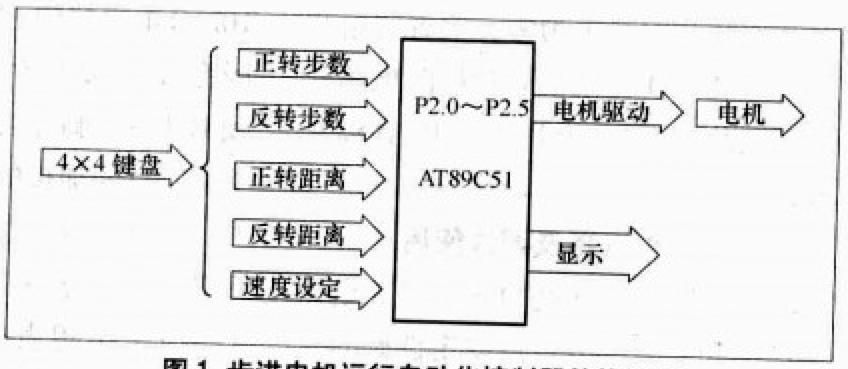


图1 步进电机运行自动化控制器总体框图

由键盘先输入电机的运行方式和运行方向，然后输入相应的数值，再设定此次运动的速度，按下确定键后，电机运行，传动机构开始执行。例如：当先输入反转步数的数值，再输入正转步数的数值，最后输入速度的数值，则此次电机就会按照步数的运行方式、先反转再正转的运行方向，根据输入的速度值进行运行，达到精确控制。

步进电机的工作原理

由于本设计采用的步进电机是感应子式的电机，步进角度为1.8度，下面介绍一下感应子式步进电机的工作原理。

1.结构：电机转子均匀分布着很多小齿，定子齿有三个励磁绕阻，其几何轴线依次分别与转子齿轴线错开。0、(1/3) τ、(2/3) τ（相邻两转子齿轴线间的距离为齿距以τ表示），即A与齿1相对齐，B与齿2向右错开（1/3）τ，C与齿3向右错开（2/3） τ，A′ 与齿5相对齐，（A′ 就是A，齿5就是齿1）。

图2是定转子的展开图。

2.旋转：如A相通电，B，C相不通电时，由于磁场作用，齿1与A对齐，（转子不受任何力，以下均同）。如B相通电，A，C相不通电时，齿2

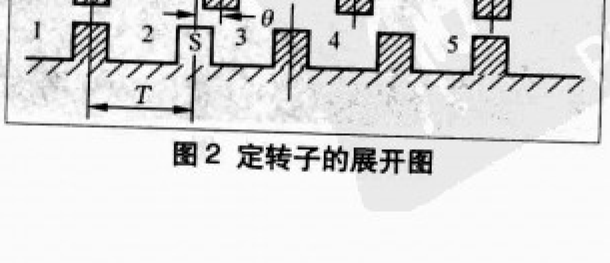


图2 定转子的展开图

应与B对齐，此时转子向右移过（1/3）τ，此时齿3与C偏移为（1/3）τ，齿4与A偏移（1−1/3）τ=（2/3）τ。如C相通电，A，B相不通电，齿3应与C对齐，此时转子又向右移过（1/3）τ，此时齿4与A偏移为（1/3）τ。如A相通电，B，C相不通电，齿4与A对齐，转子又向右移过（1/3）τ，这样经过A、B、C、A分别通电状态，齿4（即齿1前一齿）移到A相，电机转子向右转过一个齿距，如果不断地按A，B，C，A……通电，电机就每步（每脉冲）（1/3）τ向右旋转。如按A、C、B、A……通电，电机就反转。 由此可见：电机的位置和速度由导电次数（脉冲数）和频率成一一对应关系。而方向由导电顺序决定。不过，出于对力矩、平稳、噪声及减少角度等方面考虑。往往采用A～AB～B～BC～C～CA～A这种导电状态，这样将原来每步（1/3）τ改变为（1/6）τ。甚至于通过二相电流不同的组合，使其（1/3）τ变为（1/12）τ，（1/24）τ，这就是电机细分驱动的基本理论依据。不难推出：电机定子上有m相励磁绕阻，其轴线分别与转子齿轴线偏移$1/m$，$2/m$……$(m-1)/m$，1。并且导电按一定的相序电机就能正反转被控制——这是步进电机旋转的物理条件。只要符合这一条件我们理论上可以制造出任何相的步进电机，出于成本等多方面考虑，市场上一般以二、三、四、五相为多。

3.力矩：电机一旦通电，在定转子间将产生磁场（磁通量ϕ），当转子与定子错开一定角度产生力F，与（$d\phi/d\theta$）成正比，其磁通量$\phi=Br\times S$，Br为磁密，S为导磁面积；F与$L\times D\times Br$成正比，L为铁芯有效长度，D为转子直径；$Br=N\times I/R$，$N\times I$为励磁绕阻安匝数（电流乘匝数），R为磁阻。力矩=力×半径力矩，力矩与电机有效体积×安匝数×磁密 成正比（只考虑线性状态）。因此，电机有效体积越大，励磁安匝数越大，定转子间气隙越小，电机力矩越大，反之亦然。

因此，只要选择合适的转轴直径就可以达到题目要求的精度范围。

电机驱动的选择

使用专用电机驱动芯片L298N。L298N芯片可以驱动两个二相电机，也就可以驱动一个四相电机，输出电压最高可达50V，可以直接通过电源来调节输出电压；可以直接用单片机的I/O口提供控制信号；而且电路简单，操作方便，稳定性好，性能优良。

L298N是SGS公司的产品，内部结构见图3，包含4通道逻辑驱动电路，是一种二相和四相电机的专用驱动器，即内含二个H桥的高电压大电流双全桥式驱动器，接收标准TTL逻辑电平信号，可驱动46V、2.5A以下的电机。其引脚排列见图4，其中1脚和15脚可单独引出连接电流采样电阻器，形成电流传号。L298可驱动2个电机，OUTl、OUT2和OUT3、OUT4之间分别接2个电动机。5、7、10、12脚接输入控制电平，控制电机的正反转，ENA，ENB接控制使能端，控制电机的停转。

当有信号输入时，并且对应输入口的使能端为“1”时，内部由三极管组成的“H”桥电路开始推挽工作，向电机提供大电流；当使能端为“0”时，内部的所有三极管基极为低电平，“H”桥电路不工作，无法向电机提供电流，则电机也不工作。

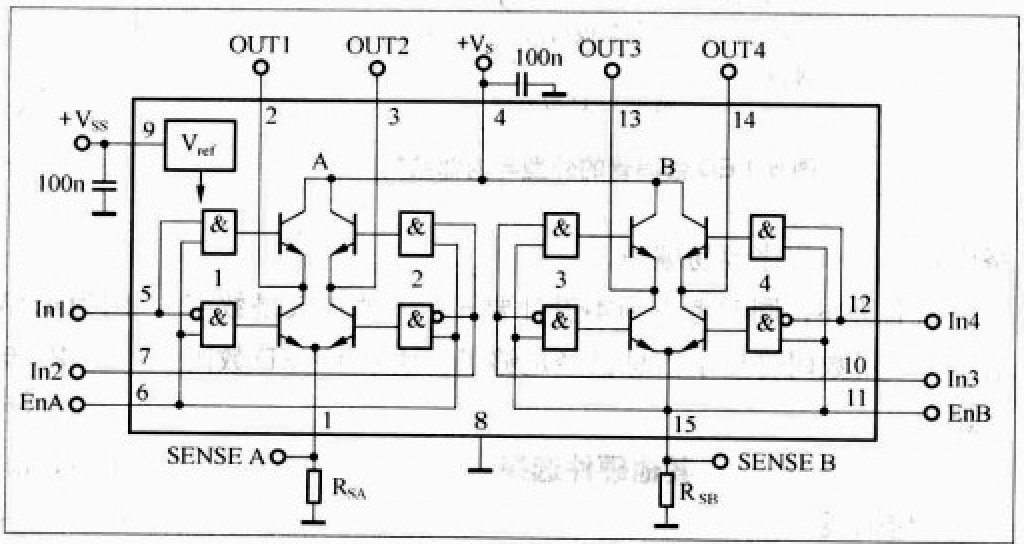


图3 电机驱动芯片L298N的内部结构图

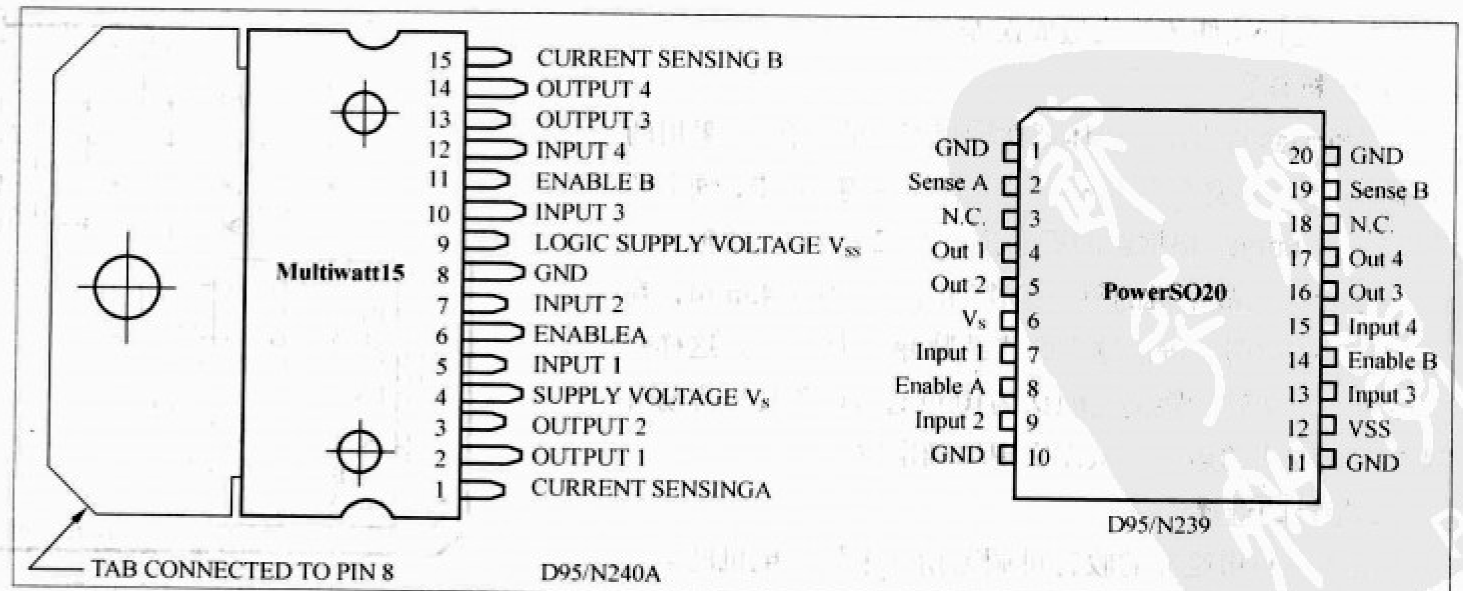


图4 L298N引脚排列图

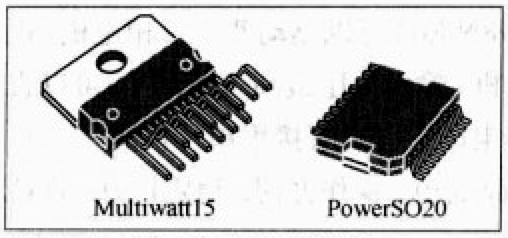


图5 L298N的封装

L298N采用15脚TO−220封装或20脚SOIC封装，如图5所示。

显示器件的选择

采用LED数码管显示。LED数码管也称半导体数码管，是目前数字电路中最常用的显示器件。它是以发光二极管作笔段并按共阴极方式或共阳极方式连接后封装而成的。图6所示是两种LED数码管的外形与内部结构，+、−分别表示公共阳极和公共阴极，a~g是7个笔段电极，DP为小数点。数码管虽然只能显示固定数字和字母，但其接口并不复杂，驱动电

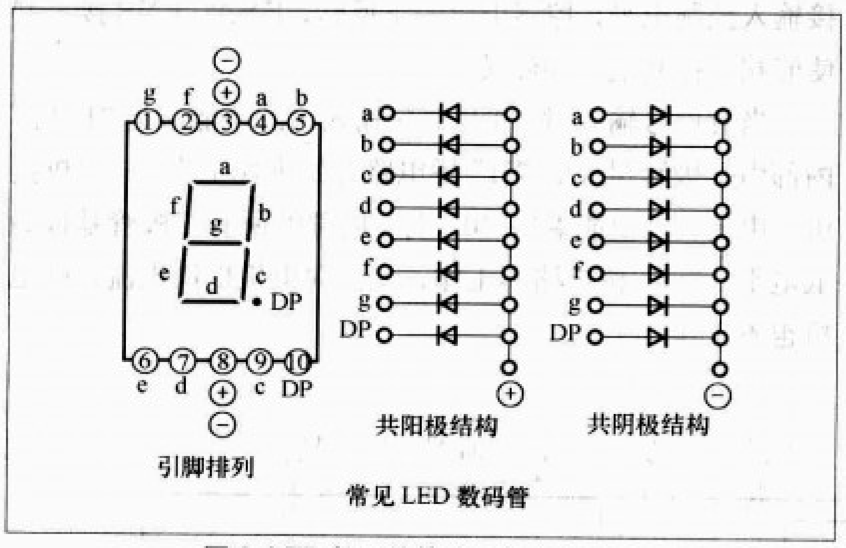


图6 LED数码管的外型与内部结构

路成熟，显示程序容易编写。

综上所述，同时考虑到本设计要显示的值仅仅是数字信息，采用数码管显示信息已经足够了。故采用LED数码管显示。

其他硬件选择

1.传输线

本系统中采用的为棉线，因为棉线没有太大的弹性，不会因电机运行拉伸传输线造成误差。

2.电机轴套

电机轴套的选择主要体现在轴套直径的选择上。采用两相步进电机，步进角为1.8°/步，转一圈需200步，轴套的直径为28.6mm，根据圆的周长公式$C=2\cdot\pi\cdot r$，此轴套的周长为90mm，故电机的每一步移动的距离为0.45mm，在电机分时控制时，每次输入的连续脉冲数为22个，这样每个电机分时运转的距离近似认为10mm。这样单片机容易计算按距离方式的运行，从而实现精确定位。

3.指针的选择

系统中利用废弃的收音机调谐指针来指示电机的运行距离。

系统的硬件电路模块化设计

1.主控CPU模块

其硬件电路如图7所示。R1与C3构成单片机的自动复位电路，S1为手动复位开关；C1、C2、B为单片机的时钟电路提供振荡，从而使单片机能够产生时序脉冲。P1口接4×4键盘的输入信号，P2.0~P2.5作为电机驱动的输入信号，P3.0~P3.1是串行口发送控制口，分别接到显示驱动电路的时钟控制和数据口。此单片机允许输入的电压范

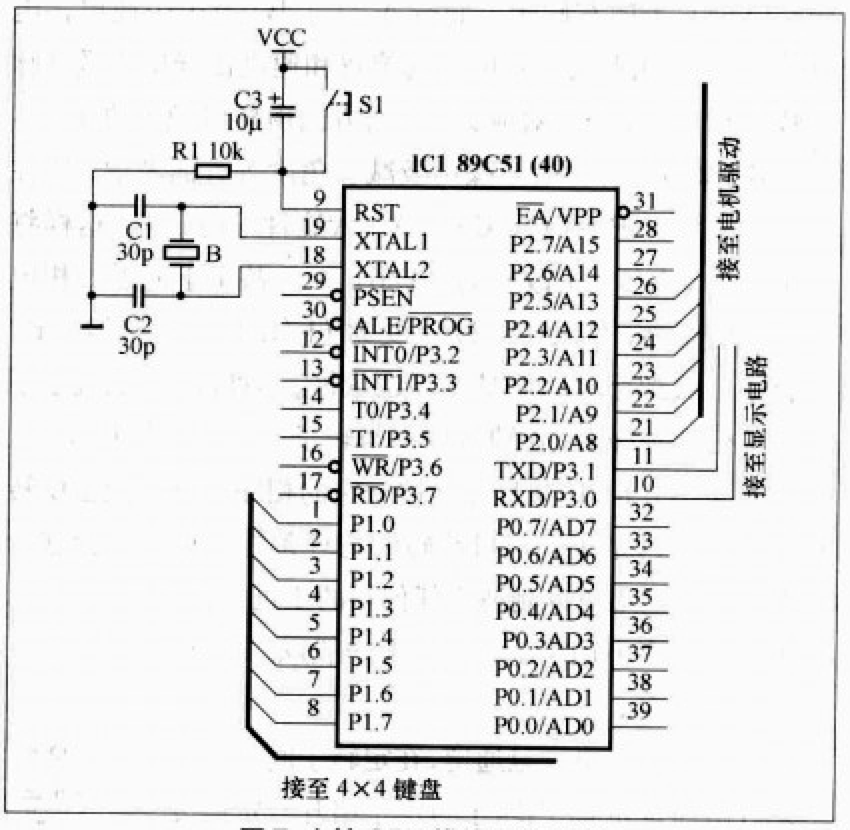


图7 主控CPU模块硬件电路

围为4.5V~5.5V。本设计中单片机的供电电压为5V。

2.步进电机驱动模块

其硬件电路如图8所示。L298N的两对输出脚接步进电机，设置VD1~VD8是为了防止此步进电机在转动时候产生的感应电动势对驱动芯片的损害，L298N的5~7、10~

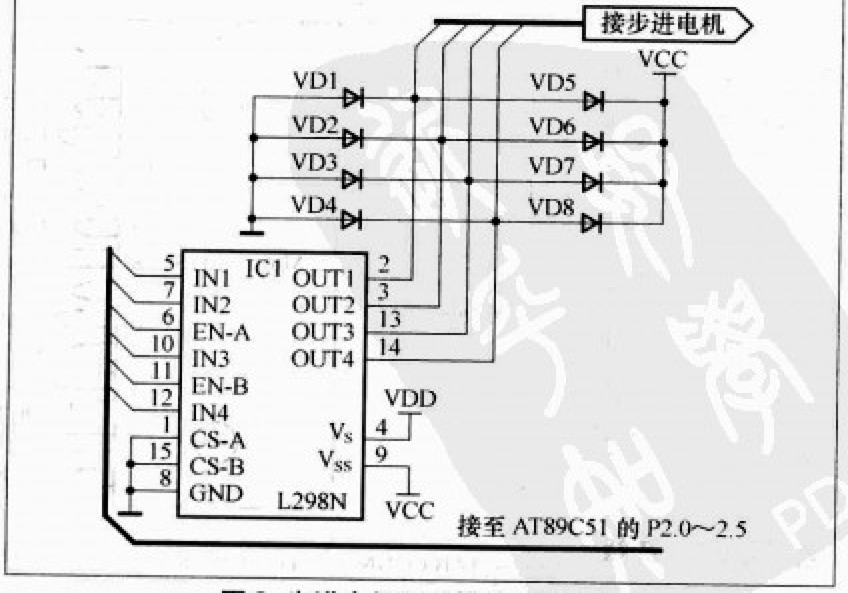


图8 步进电机驱动模块硬件电路

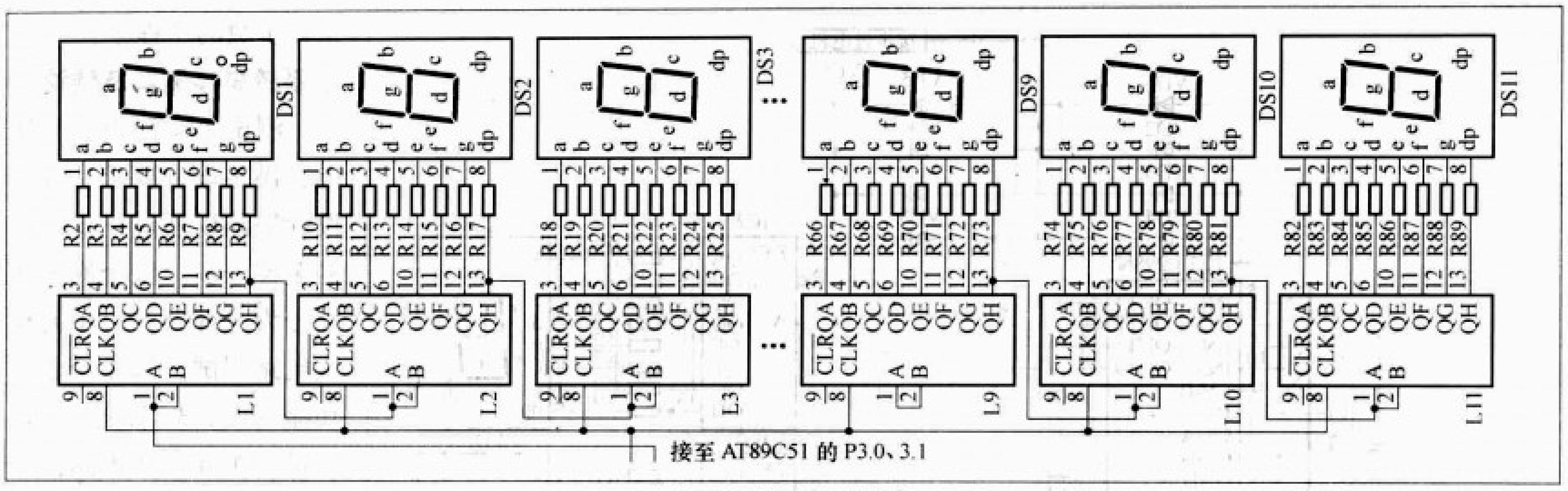


图 9 显示模块硬件电路

12 脚受单片机 P2.0～P2.5 的信号控制。

3. 显示模块

其硬件电路如图9所示。本设计一共用了11个数码管，3个为正转步数显示，3个为反转步数显示，2个为正转距离显示，2个为反转距离显示，1个为速度显示；图9所示的是其中的6个数码管及其驱动电路，其余由于版面问题无法全部画出。驱动芯片74LS164的CLOCK和A、B接单片机的串行口（P3.0～P3.1）。

4. 电源模块

其硬件电路如图10 所示。变压器T1的输入端接220V的交流电，输出8.4V的交流电，经全桥整流器VD9、滤波电容C4和C6输出直流电压VDD，此电压作为电机驱动芯片L298N的供电电压，VDD经三端稳压器IC2（78L05）之后变为5V直流电压，为单片机、驱动芯片的逻辑电压和显示电路供电。C5作用是去除IC2输出的纹波，使波动更小，输出更稳定。

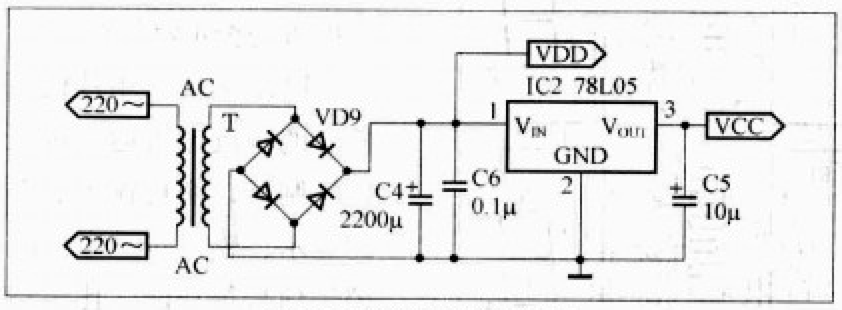


图 10 电源模块硬件电路

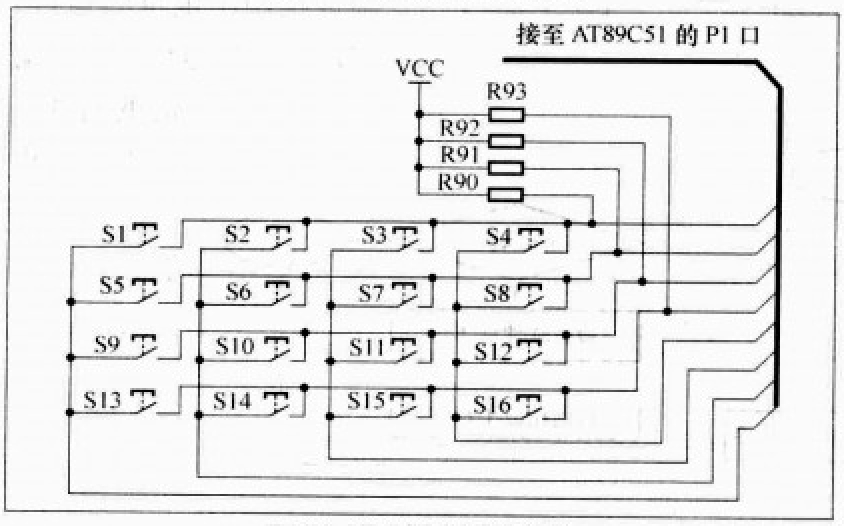


图 11 键盘模块硬件电路

5. 4 × 4 键盘模块

其硬件电路如图 11 所示。本设计共有 16 个按键。

键盘设定：数字键0～9，实现数据的输入（S1～S10）；正转步数的设定（S11）；反转步数的设定（S12）；正转距离的设定（S13）；反转距离的设定（S14）；速度的设定（S15）；确定键（S16）。

6.系统电路图（见图 12）

系统软件设计

软件设计是整个系统的灵魂，所有的数据输入、数据处理、产生控制信号都由软件完成，软件质量的高低直接决定系统的功能和精度。

整个系统的表现为：系统上电，程序开始初始化，所有数码管显示为“0”，单片机等待按键信息；接着向单片机输入电机动作的方式和方向，对应的数码管开始闪烁，按下按键输入对应的数据；输完数据后，开始设定速度，按下速度设定键，数码管开始闪烁，输入速度值；当所有必要的数据输入完成后，按下确定键，步进电机开始按照预设方式开始运行。

1.主程序设计

由于本设计要求输入数据之后，步进电机才能进行动作，所以，主程序一直在等待数据的输入，即一直调用键盘子程序。主程序如图13 所示。

图 13 主程序流程图

2.键盘处理子程序的设计

数字键和功能键的处理流程图如图 14 所示。

3.确定键的流程图

如图15 所示。其中软件标志位是为了判断步进电机的运行方式和运行方向；相应的子程序是指：1. 反转距离的子程序，2. 正转距离的子程序，3. 反转步数的子程序，4.

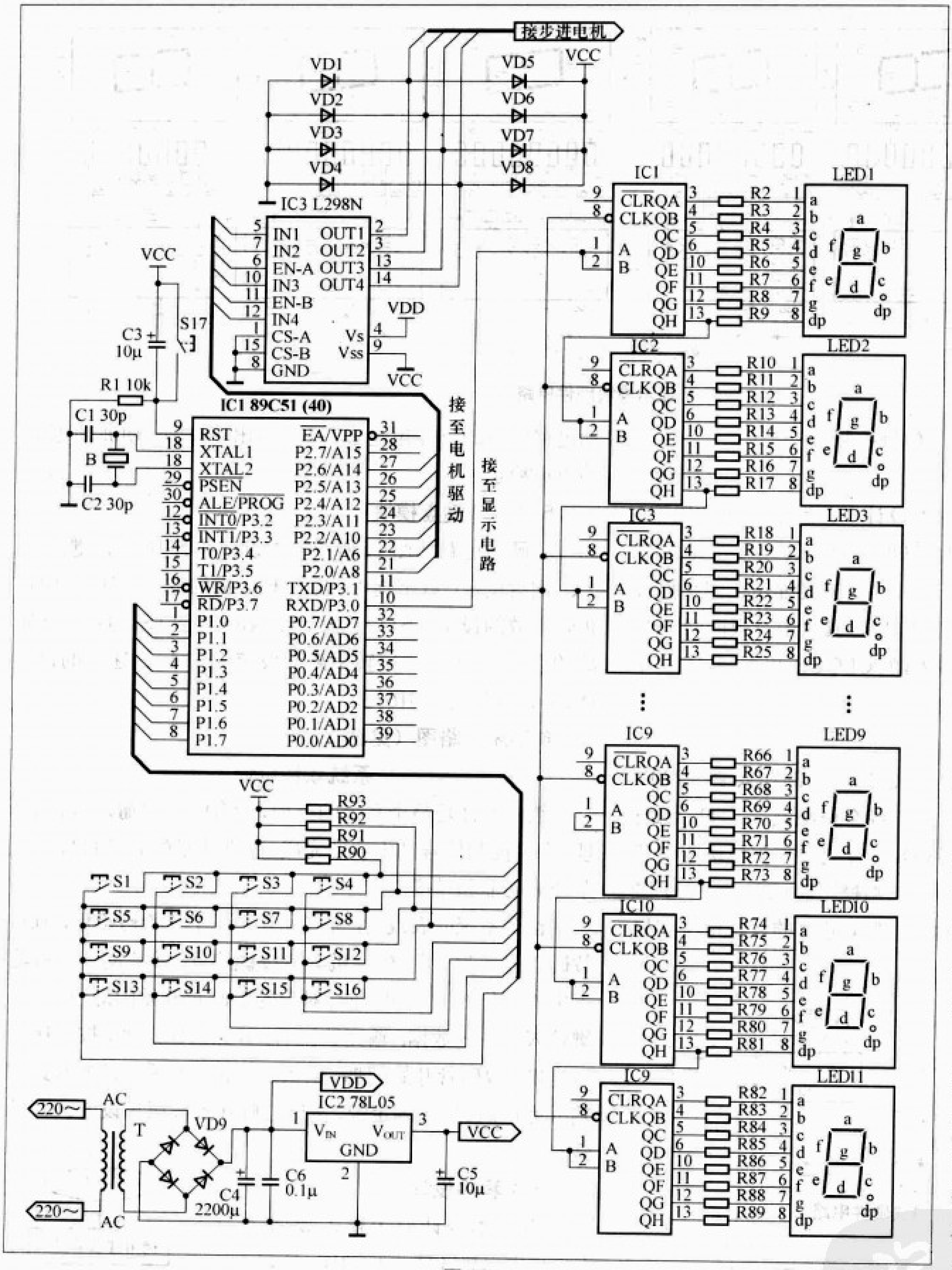


图 12

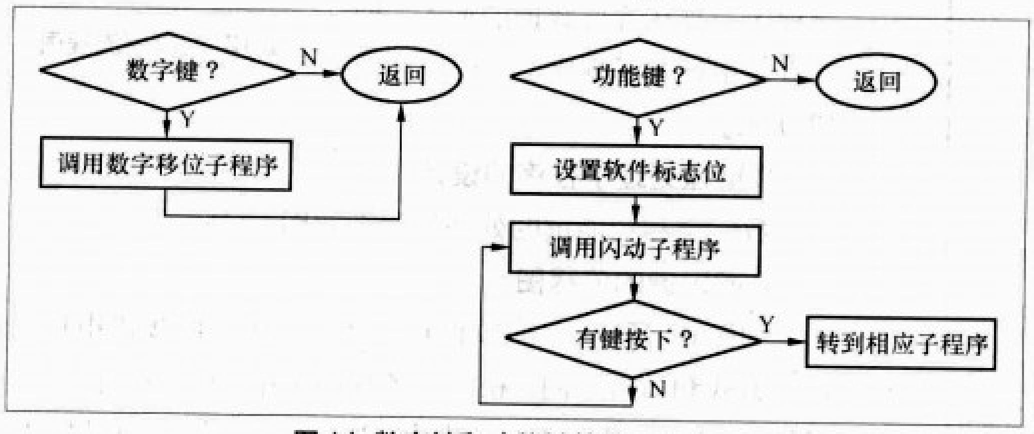


图 14 数字键和功能键的处理流程图

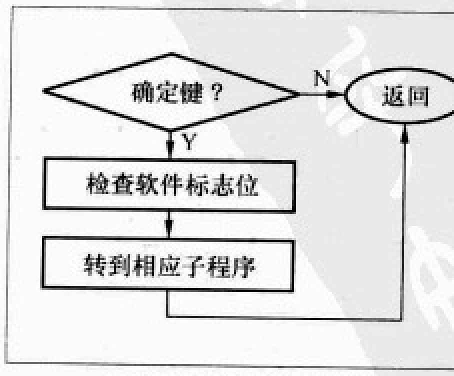


图 15 确定键流程图

正转步数的子程序。

系统总体测试及结论

测试是检测设计方案能否满足设计要求，暴露设计缺陷以便进一步改进的关键一步。整个测试过程分为三部分：1.单元模块电路测试。2.系统总体功能测试。3.系统稳定性测试。单元模块电路测试又称模块测试，测试各个子系统部分能否正常实现其应具有的功能，如键盘，显示电路等子模块（需编写相应的测试程序）。系统总体功能测试又称功能性能测试，用于整个系统的软硬件联合调试，测试系统能否实现其应具有的功能。系统稳定性测试又称拷机测试，测试系统能否长时间稳定运行。完成各单元测试，将所有模块组合在一起，进行总体功能的测试。设置电机预定动作方向、方式和速度，看步进电机是否正常运行。

以AT89C51单片机为核心的步进电机运行自动化控制器，实现输入数据的显示、输出步进电机的控制信号等功能，比较精确地控制了电机的运行，实现了步进电机运行自动化的控制，完成了本设计的预定功能。

风向、风速传感器与计算机的通信方法

文 / 张延年

风向、风速是很重要的气象要素，它们的测量都是使用风向、风速传感器在距地面大约10m的高度对风的速度、方向值进行测量，并转换成电信号。我采用的风向、风速传感器为机械转动式传感器，是长春气象仪器厂生产的，每套价格大概是3000元。风向、风速传感器的外观如图1所示。

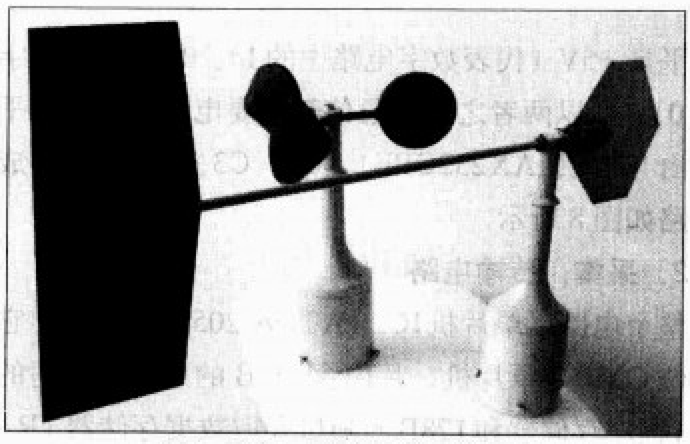


图1 风向、风速传感器的外观

为适应风向、风速传感器与计算机或其他单片机的通信，我在原风向传感器的内部增加了一个电路板，把风速传感器输出的代表风速的脉冲信号以及风向传感器输出的代表风向的并行格雷码信号，通过一个单片机智能化接口模块转换成为RS232串行信号。经过改造，省去了原来12芯粗笨的电缆，耗电也大大降低了。

原有的风向、风速传感器输出信号是接显示仪器或记录设备进行处理，供电电源为12V，整体耗电80mA，经改造后整体耗电实际只有5mA。原来风速传感器的输出信号是经风向传感器的12芯电缆接至记录设备的，现在我让风速传感器的输出信号接至新增加电路板上的单片机转换电路。风向传感器原来的内部构造如图2所示。

图2 风向传感器原来的内部构造

增加的第三层电路板是直径为60mm的圆形电路板，周边开有三个圆孔正好固定在风向传感器的三根螺丝杆上，同时为不影响底盖接口的安装，在电路板的中心还开有20mm的圆孔，整个结构紧凑、美观。原来是用12芯电缆，现在只要4芯电缆就够了。改造后的风向传感器内部结构如图3所示。

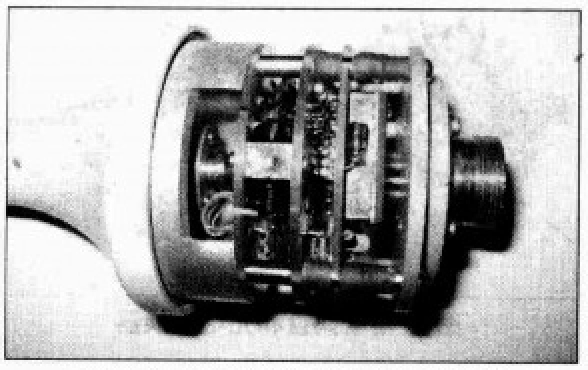


图3 改造后的风向传感器内部结构

经过第三层电路板，原来风向传感器输出的并行信号和风速传感器的频率信号变成串行信号，输出到计算机或其他单片机电路。增加的第三层电路板元器件布局如图4所示。

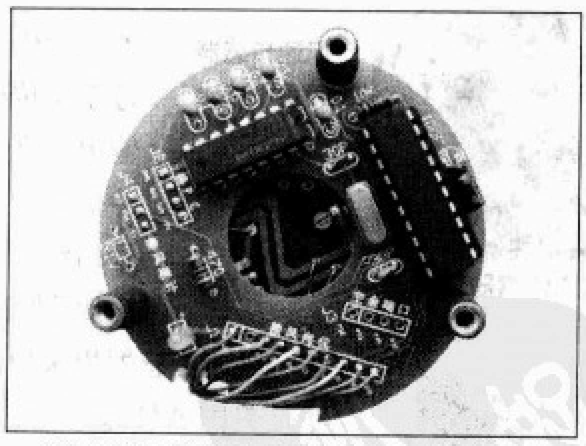


图4 增加的第三层电路板的元器件布局

1. 风向传感器的工作原理

风向传感器是光电型的，光电转换电路由单风标、格雷码盘、光电收发对管组成。从图3中可以看出，原风向传感器的内部电路由上、下两层电路板组成，在第一层电路板上有7只红外线发光二极管位于同一半径方向上，而在第二层电路板上相对应的位置上也有7只光敏三极管，7只红外线发光二极管和7只光敏三极管通过一个开有7只孔的黑色塑

料导孔架相连，这样保证了7只光学收发对管的光信号准确接收、互不干扰。

当风标随风向变化而转动时，通过其轴下端固定着的格雷码盘，在分别位于上、下两层电路板上的光电组件的夹缝中转动，从而输出对应于风向的7位并行格雷码信号，每一个格雷码代表一个方向，分辨率是2.8度。格雷码盘就是左侧那个黑色的齿状圆盘，码盘由7个等分的同心圆槽组成，从内到外分别作2^0、2^1、2^2、2^3、2^4、2^5、2^6等分，相邻每份作透光与不透光处理，7对红外发光管和光敏三极管分别安装在上下两层同一半径方向的圆行电路板上。格雷码的编码方式保证了每次只变化一位，这样有助于消除乱码。如图5所示。

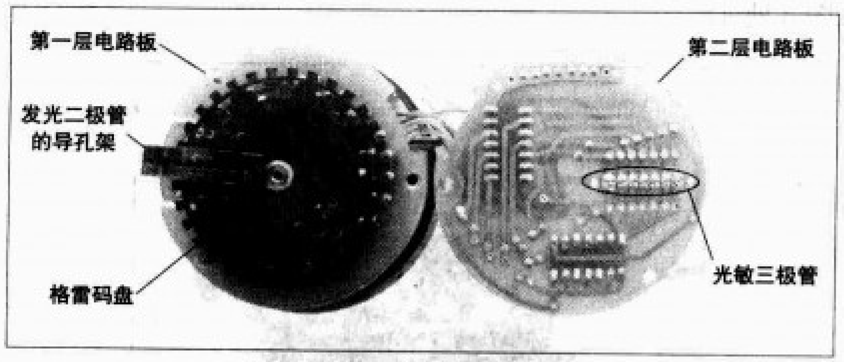


图5 格雷码盘和光电转换器

2．风速传感器的工作原理

风速传感器是响应快、启动风速低的三风杯结构，转换器是装接于风速计转轴上的永久磁铁，而在下面电路板上的霍尔传感器能够检测出垂直于芯片的磁场产生的电流的变化，所引起的电位差产生霍尔效应电压，轴转动一周，若干个磁铁多次经过霍尔传感器从而输出一高一低的脉冲信号，此脉冲信号的频率与风速成正比。如图6所示。

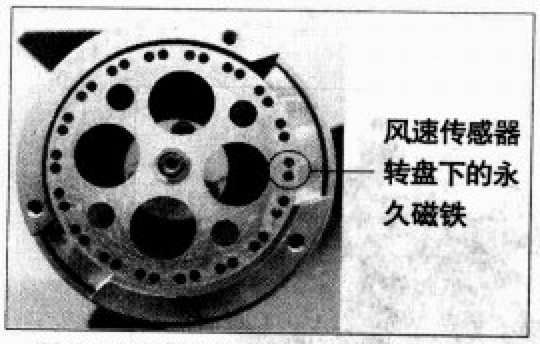


图6 风速传感器转轴下带磁钢的圆盘

风速传感器里采用的霍尔元件是美国Allegro公司生产的44E，价格大概是3.5元/只，其外形如图7所示。

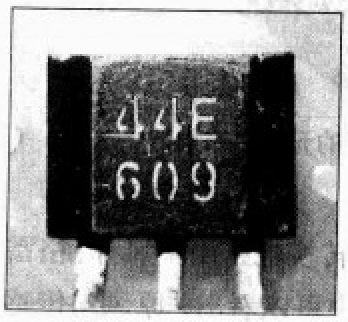


图7 霍尔元件

电路原理

增加的电路主要由串口通信电路和采集、传输电路组成。

1．通信电路

因为计算机RS232串行接口的电平是+12V（代表数字电路中的0）、−12V（代表数字电路中的1），而单片机串口的电平是+5V（代表数字电路中的1）、0V（代表数字电路中的0），所以两者之间的通信就需要电平转换。电平转换电路由IC1（MAX232CPE）、C1、C3、C4、C5组成。通信电路如图8所示。

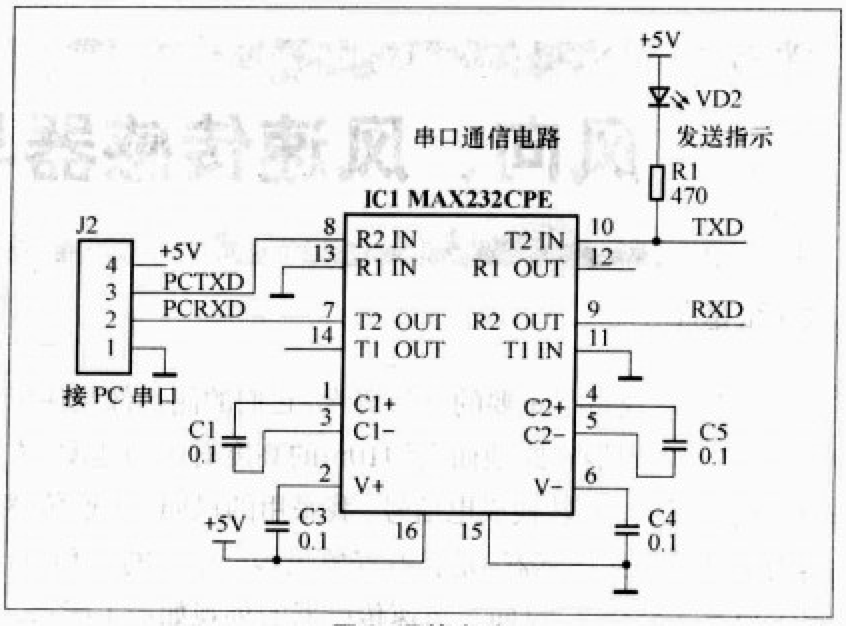


图8 通信电路

2．采集、传输电路

整个电路以单片机IC2（AT89C2051）为核心，它是一种8位CMOS单片机，片内含2KB的可反复擦写的只读Flash程序存储器和128B的随机存取数据存储器（RAM）。AT89C2051采用DIP20双列直插式封装，是AT89C51（DIP40封装）的简化版本，完全兼容标准MCS−51指令系统，只不过它只有2个端口，其中P1是一个完整的8位双向I/O口，我把风向传感器D0～D6的7位数据线和AT89C2051的P1口P1.0～P1.6直接相连作为风向的输入数据。另外程序中还利用了AT89C2051的两个16位可编程定时计数器和一个全双向串行通信口，风速的频率数据连接于AT89C2051定时计数器T0的P3.4作为记数输入。定时计数器T0工作于16位计数模式，记录外部脉冲的个数；定时计数器T1工作于8位自动重载模式，用于产生串

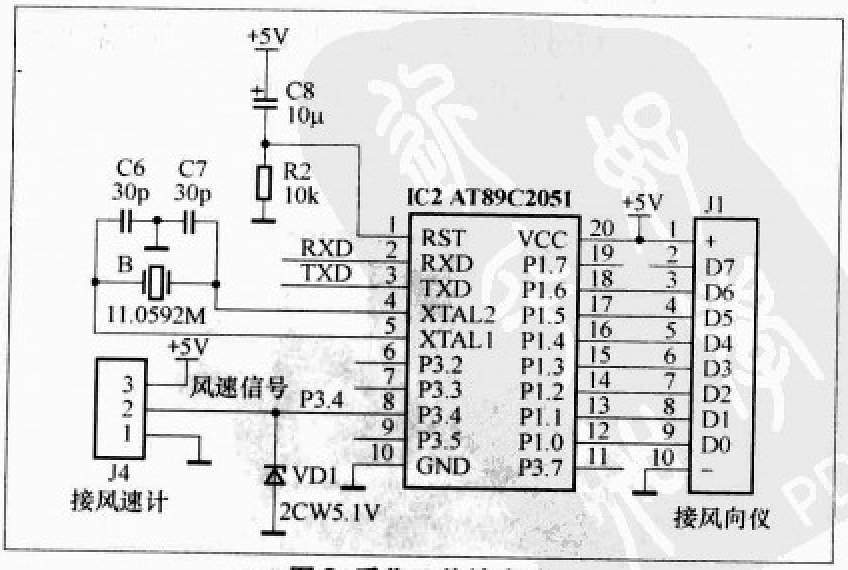


图9 采集、传输电路

口通信的波特率。

C6、C7、B组成了振荡电路，C8、R2组成了单片机上电复位电路。VD1是一个5.1V的稳压管，它的作用主要是考虑到风速、风向传感器不是一体的，风速传感器的信号线较长，可能会受到干扰而使输入单片机的信号过载而设立的。采集、传输电路如图9所示。电路所用元器件见表1。

软件编程

我采用的是汇编语言编程，程序中主要是对两个16位可编程定时计数器和一个全双向串行通信口进行编程，定时计数器T0工作于16位计数模式，记录外部脉冲的个数；定时计数器T1工作于8位自动重载模式，用于产生串口通信的波特率。

表1 元器件清单

序号	型号	数量	元件编号
1	MAX232CPE	1	IC1
2	AT89C2051	1	IC2
3	470Ω 1/8W 电阻	1	R1
4	10kΩ 1/8W 电阻	1	R2
5	30pF 瓷片电容	2	C6、C7
6	0.1μF 瓷片电容	4	C1、C3、C4、C5
7	10μF 16V 电解电容	1	C8
8	11.0592MHz 石英晶体	1	B
9	5.1V 1/2W 稳压管	1	VD1
10	发光二极管	1	VD2

软件调试

风向、风速传感器每次发送的数据由4个字节组成，第一、二字节是风速数据，第三个字节是风向数据，第四个字节是结束标志“FF”。第一字节是风速数据的高8位，因为

程序

```
NAME SY2051
CODE_SEG   SEGMENT CODE
DATA_SEG   SEGMENT DATA
STACK_SEG SEGMENT    IDATA
     RSEG DATA_SEG
sec10:          DS    1
     RSEG STACK_SEG
STACK:          DS    20
;===========================
CSEG AT    00000H
     LJMP MAIN
;===========================
     RSEG CODE_SEG
MAIN:
     MOV   SP,#(STACK-1)
     MOV   TMOD,#025H ;定时器1工作于8位自动重
载模式，用于产生波特率
     CLR   A
     MOV   TH0,A
     MOV   TL0,A
     MOV   TH1,#0FDH
     MOV   TL1,#0FDH ;波特率9600
     MOV   SCON,#50H ;设定串行口工作方式
     ANL   PCON,#0EFH;波特率不倍增
     SETB TR1
     MOV   IE,#0        ;禁止任何中断
;=================================
MAIN_RX:
     JNB   RI,$         ;若无PC的指令则原地等待
         CLR   R1
         SETB TR0              ;启动T0记数
         LCALLDELAY_1S         ;延时1s
         CLR         TR0       ;停止T0记数
         MOV   A,TH0           ;把高8位记数值送ACC
         ACALLSEND_CHAR ;发送
MOV      A,TL0                 ;把低8位记数值送ACC,
         ACALLSEND_CHAR ;发送
MOV      TH0,#00H              ;记数器清0
         MOV   TL0,#00H
         MOV   A,P1            ;发送风向的数据
         ACALLSEND_CHAR
         MOV   A,0FFH          ;结束标志
         ACALLSEND_CHAR ;发送
         SJMP MAIN_RX
;================================
SEND_CHAR:
; 传送一个字符
; 传入参数: ACC(要发送的数据)
; 返回值: 无
         MOV   SBUF,A
         JNB   TI,$            ;等特数据传送
         CLR   TI              ;清除数据传送标志
         RET
;================================
;1s延时子程序
DELAY_1S:
(略)
END
```

风速传感器的最大抗风能力为70m/s，可以算出它不可能达到“FF”，而风向数据是7位格雷码也不可能是“FF”，所以在接收程序中可以根据结束标志“FF”容易地识别出风向、风速传感器的数据。当风向传感器中的单片机接收到计算机串口发来的指令时即刻会发出两个字节的风速数据和一个字节的风向数据。

数据通信过程的调试可以借助常用的“串口调试助手”软件来进行，在软件中设置好“串口”、“波特率”等参数并钩选“十六进制显示”，即可连续接收风速、风向的数据。“串口调试助手”的实际运行界面如图10所示。

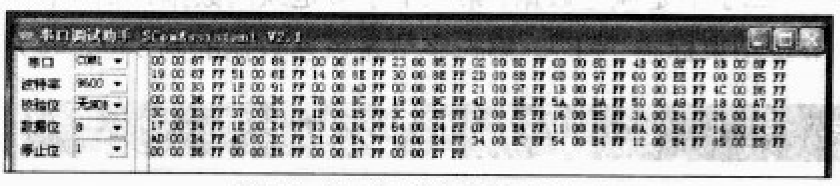


图10 串口调试软件的主界面

调试时风向传感器新增第三层电路板J2口与计算机DB9串口的连接方式是：

DB9.2——J2.2

DB9.3——J2.3

DB9.5——J2.1

J4口接风速传感器的信号，+5V电源可以从计算机的USB接口取得。

上位机软件编程

风向、风速传感器发来的数据是未经处理的十六进制数据，所以必须经过换算才可以正确显示，所有数据转换、处理的过程都在上位机软件中进行。

1．风速的计算公式：

$FS=F0+0.1F$

其中：FS为风速（m/s）；$F0$为启动风速（厂家给的是0.3m/s）；F为每秒计数值（Hz），$0.1F$表示每10个脉冲为1m/s的风速量。

2．风向的计算公式：

$WD=GM*K$

其中：WD为风向度数值，GM为格雷码的十进制值；K为分辨率，因为本风向传感器采用7位格雷码，所以本例的分辨率K=2.8125°（360°/128）。

风向传感器发上来的数据是十六进制的格雷码。格雷码又称为循环码，二进制格雷码的编码规则是每次只变化一个数据位，从低位到高位分别作2^0、2^1、2^2、2^3、2^4、2^5、2^6的变化，这样有利于得到更好的译码波形，消除乱码。

从0到15的十进制数与格雷码的转换关系如表2所示。

由表2可见，风向传感器发上来的十六进制的格雷码并不能直接转换成十进制数，但两者之间存在一一对应的关系，在上位机软件中建立一个0——127十进制数与格雷码的对应关系表，根据风向传感器发上来的十六进制格雷码利用查表法转换成对应的十进制数就可以算出风向的度数了。我用VB6.0编了一个简单的上位机接收、显示程序，软件运行界面如图11所示。

表2

十进制	二进制格雷码	十六进制格雷码
0	0000	00
1	0001	01
2	0011	03
3	0010	02
4	0110	06
5	0111	07
6	0101	05
7	0100	04
8	1100	0C
9	1101	0D
10	1111	0F
11	1110	0E
12	1010	0A
13	1011	0B
14	1001	09
15	1000	08

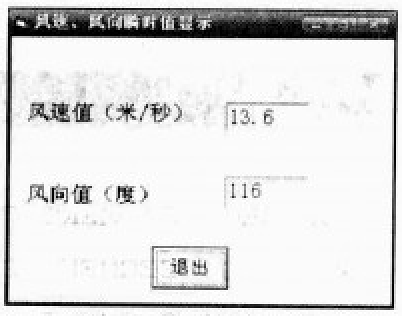


图11 接收软件界面

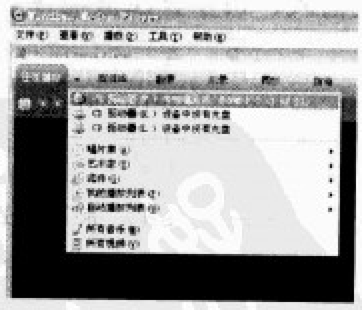
结束语

本项实验的结果经与传统气象记录仪的测试数据对比，基本接近。本文的重点在于介绍风向、风速传感器与计算机的通信方法，对于风向、风速传感器传上来的原始数据应该进行更科学、更合理的处理，限于实验的条件，我还没有找到更好的计算方法，欢迎广大同仁批评指教，本人不胜感激。限于篇幅，涉及上位机的程序不再一一列出。

《莫尔斯电码及标准字母解释法CD》使用说明

上一期杂志出版后，其中的配刊光盘《莫尔斯电码及标准字母解释法CD》受到了读者的广泛关注，同时编辑部也收到许多询问CD如何播放的信件和电话，因此本期特别刊登此说明为读者解答：

方式一：在电脑上播放。



先将光盘放入光驱，运行播放软件。

以媒体播放器10.0版本播放为例：用鼠标单击→开始→程序→附件→娱乐→Windows Media Player，程序运行后界面如附图所示，单击“正在播放”旁边的箭头，再单击已放入光盘的光驱图标（显示为“未知唱片集”）开始播放。播放列表中将显示11段音频，可选择播放。

方式二：在CD机上播放。

直接将该光盘放入CD机即可开始播放，注意CD机中将显示为12段曲目，其中曲目1是无效的，请直接选择曲目2开始播放，即曲目2为第1段“26个字母和10个数字的字母解释法录音”，以此类推。 **（编辑部）**

用单片机实现传统电路功能

用单片机制作自动门控制器

文/黄培鑫 陈 歆

自动门的使用已极为广泛，它们的控制电路也多种多样。有的是采用NE555时基电路作为控制核心的控制电路，有的是采用CMOS电路的控制电路。这些电路存在的共性问题是电路设计简单，工作可靠性比较低，稳定性比较差，修理价值不高。笔者对自动门控制器进行重新设计，以此提高自动门控制器的工作性能，经数个单位数次使用，均达到较好的使用效果。现将制作过程介绍给大家，以求共享。

一、自动门新旧控制电路的比较分析

图1是一种自动门的控制电路图。该电路采用常用CMOS数字集成与一些分立的电子元器件组合而成，其中IC1是CD4069、IC2是CD4043，IC3是三端稳压电源集成块LM7808。

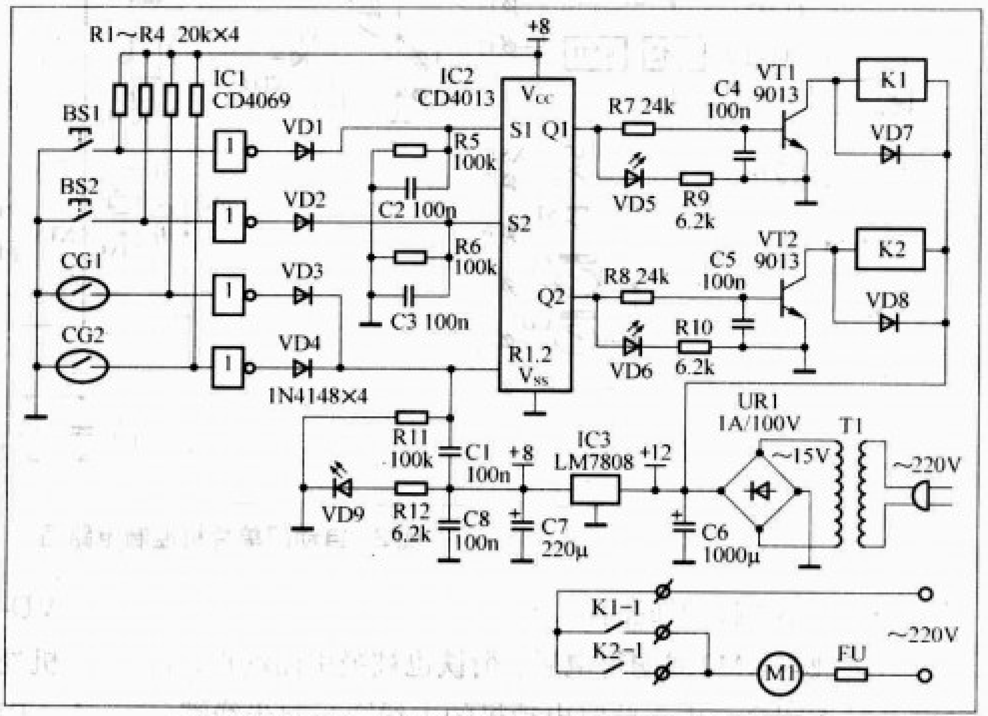


图1 数字电路（CMOS电路）的自动门控制电路图

按下按钮SB1，IC1a输出高电位，IC2中的一个“置1”端“S1”为高电位，使Q1端输出高电位，VT1导通，继电器K1吸合，电动机正转作关门动作；当按下按钮SB2，IC1b输出高电位，IC2中的另一个“置1”端“S2”为高电位，使Q2端输出高电位，VT2导通，继电器K2吸合，电动机反转作开门动作。CG1和CG2分别是关门限位和开门限位传感器，一旦触点闭合，电动机立即停止。VD5是“关门”指示灯，VD6是“开门”指示灯，VD9是电源指示灯。

图2是自动门单片机控制电路的电路图。该电路采用单片机技术，与图1相比，增加了按键音和状态指示灯，还增加了电动机过电流保护功能和防撞保护功能。从电路上看，比较复杂一些，但是其控制性能比较可靠，运行性能比较稳定，大大提高了自动门的整体性能，而且方便于替换修理。图3是自动门单片机控制器的实物照片。下面分析图2所示控制电路的工作原理。

二、自动门的单片机控制器电路工作原理

图2电路包括主电路（左半图）和控制电路（右半图）两部分。

1．主电路部分的工作原理

自动门通常由机械传动和电气控制两部分组成。机械传动部分由电动机、传动带、滚轮等组成，该部分的核心是电动机；电气控制部分由主控制电路和辅助控制电路两部分，该控制部分的核心是辅助控制电路。

主控制电路是接在220V电源之中的，受控于辅助控制电路的控制。主控制电路与辅助控制电路分开设计，可以有效地提高自动门的安全性能。

当接触器KM1线圈得电后，衔铁被吸引而动作，带动常开触点闭合。于是电动机得电而旋转，带动自动门作关门动作。此时，电动机中的电流回路为：电源L端→熔丝（保险丝）FU1→KM1触点→过流继电器FR触点→电动机主线圈→过流继电器FR触点→KM1触点→熔丝（保险丝）

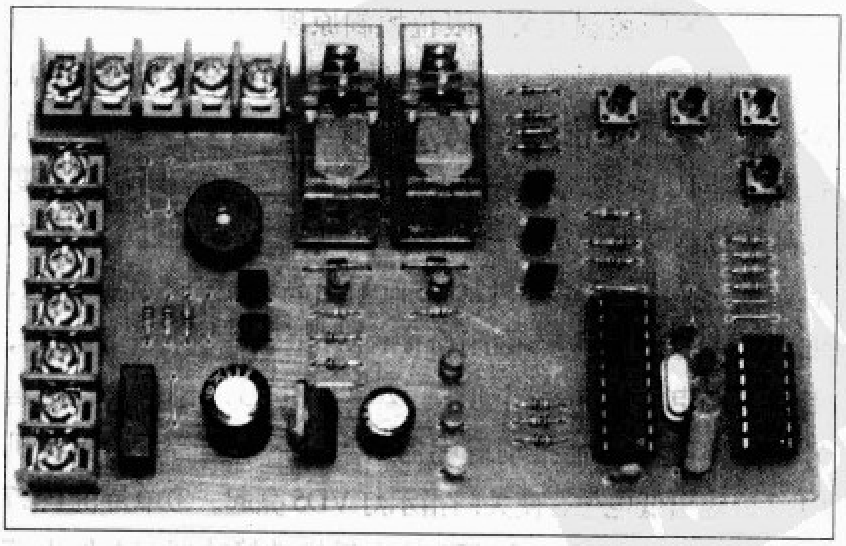


图3 自动门单片机控制器的实物照片

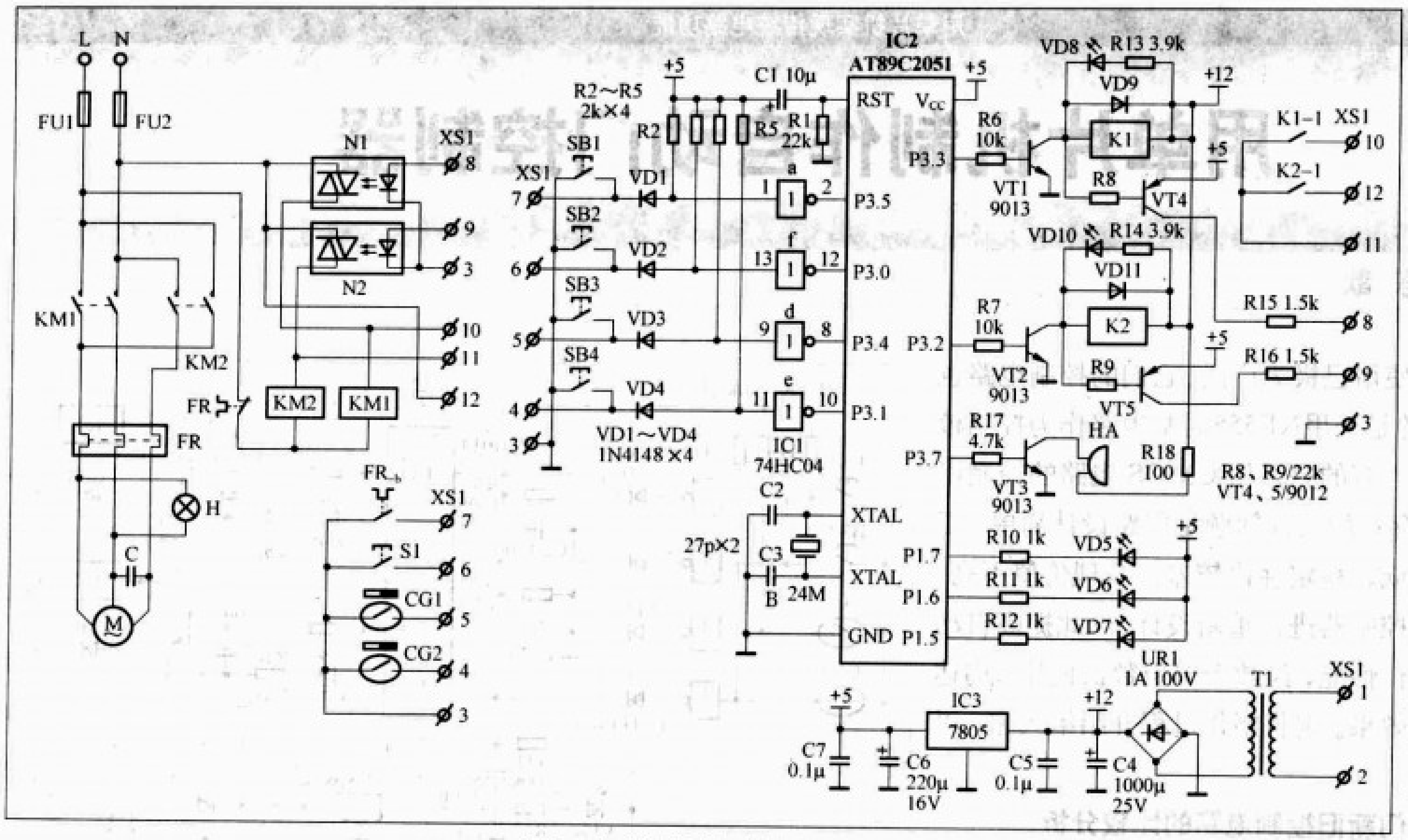


图2 自动门单片机控制电路图

FU2→电源N端，形成回路。

当接触器KM2线圈得电后，衔铁也被吸引而动作，带动常开触点闭合。由于此时电动机的主线圈与起步线圈已对调，于是电动机反方向旋转，带动自动门作开门动作。此时，电动机中的电流回路为：电源L端→熔丝（保险丝）FU1→KM2触点→过流继电器FR触点→电动机起步线圈（作主线圈使用）→过流继电器FR触点→KM2触点→熔丝（保险丝）FU2→电源N端，形成回路。

在KM1或KM2吸合动作的同时，警示灯H也得电而亮起。

2．控制电路部分的工作原理

图4是控制电路的方框图。控制电路以AT89C2051单片机为核心，有4个输入端，有6个输出端，其中有3个输出端作为状态指示灯之用。

（1）关门控制及关门限位控制原理

关门控制信号来自于SB1的按键动作。当按下SB1，XS1-7处的高电位变成低电位，使二极管VD1正向导通，将反相器IC1a输入端电位拉低而变成低电位，则输出端变成高电位。高电位从单片机的P3.5口输入，经过单片机内部处理，于是：①单片机P3.3口输出高电位，使VT1导通，推动K1吸合；K1触点的闭合使KM1电磁线圈得电而动作，电动机得电运行作关门动作。②单片机P3.7口输出音频信号，经VT3放大后推动蜂鸣器HA发出按键音。③单片机P1.7口输出低电位，使关门指示灯VD5亮起。④单片机P3.7口输出警示音信号，经VT3放大后推动蜂鸣器HA发出警示音，以提示操作者自动门在关门。

当关门到达极限时，CG1传感器起作用，对单片机输入一控制信号，使P3.3口输出低电位，使电动机停止运行。同时P1.7口变为高电位，使关门指示灯熄灭。以上的控制过程表示如下：XS1-4↓→VD4↓→IC1e输入端↓→IC1e输出端↑→P3.1↑经单片机处理后→P3.3口↓、P3.2口↓、P1.7口↑、P1.6口↑、P1.5口↓（停止指示灯VD7亮起）。

（2）开门控制及开门限位控制原理

开门控制信号来自于SB2的按键动作。当按下SB2，XS1-6处的高电位变成低电位，使二极管VD2正向导通，将反相器f输入端变成低电位，则反相器f的输出端变成高电位。高电位从单片机的P3.0口输入，经过单片机内部处理，于是：①单片机P3.2口输出高电位，使VT2导通，推动K2吸合；K2触点的闭合使KM2电磁线圈得电而动作，电动机作开门动作。②单片机P3.7口输出音频信号，经VT3放大后推动蜂鸣器HA发出按键音。③单片机P1.6口输出低电位，使关门指示灯VD6亮起。

当开门到达极限时，CG2传感器起作用，对单片机输

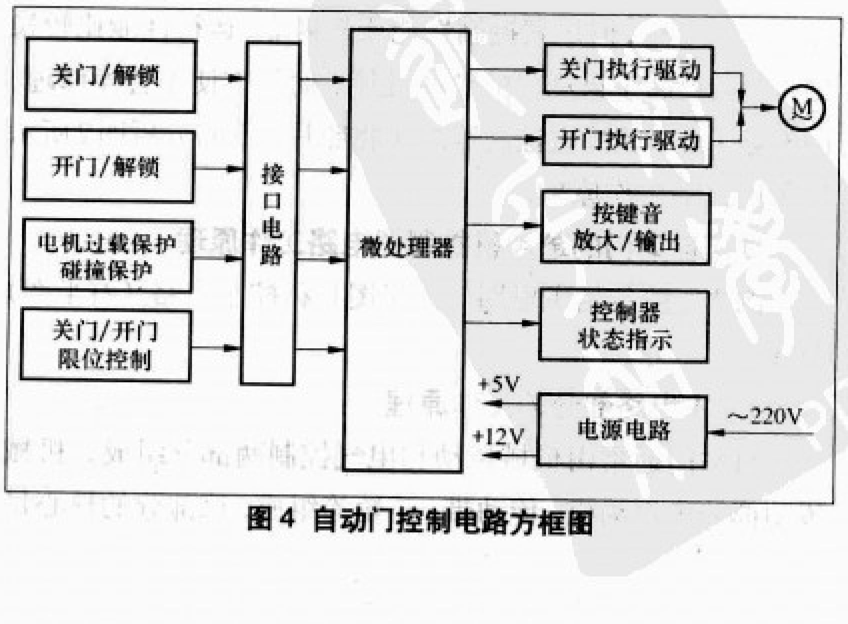


图4 自动门控制电路方框图

入一控制信号，使P3.2口输出低电位，使电动机停止运行。同时P1.6口变为高电位，使开门指示灯熄灭。以上的控制过程表示如下：XS1−4 ↓ → VD4 ↓ → IC1−e 输入端 ↓ → IC1−e 输出端 ↑ → P3.1 ↑ 经单片机处理后 → P3.3 口 ↓、P3.2 口 ↓、P1.7 口 ↑、P1.6 口 ↑、P1.5 口 ↓（停止指示灯 VD7 亮起）。

（3）电动机过流保护控制、防撞保护控制原理

当电动机出现过流工作时，继电器中的金属片产生变形，使触点常闭主触点断开，切断了电动机的工作电源。与此同时，辅助常开触点闭合，将控制信号从XS1−5处输入；或者当自动门在关门过程中，出现门框碰撞人、物现象时，触片S1闭合。此后都会使：IC1反相器d输入端变成低电位，反相后输出高电位。高电位从单片机的P3.4口输入，于是：①单片机P3.3口（或P3.2口）输出低电位，使KM1（或KM2）接触器释放，电动机停止关门（或开门）动作。②单片机P1.7口（或P1.6口）间断输出低电位，使关门指示灯VD5（或开门指示灯VD6）闪亮。如自动门在关门过程中出现的保护控制，则VD5闪亮；如自动门在开门过程中出现的保护控制，则是VD6闪亮。

（4）解锁控制原理

为了进一步提高自动门的安全性能，程序中设计了解锁功能，既对电动机过流保护以及防撞保护控制后，必须要经过解锁操作，自动门才能进入正常的工作状态。

如自动门是在关门过程中出现的保护控制，则VD5指示灯闪亮。待故障排除后，要按下按钮SB2，方可解锁。目的是使自动门向反方向运动一下，减弱或消除故障。解锁后，自动门处在停止状态，VD7停止指示灯亮起。

如自动门是在开门过程中出现的保护控制，则VD6指示灯闪亮。待故障排除后，要按下按钮SB1，方可解锁。目的是使自动门向反方向运动一下，减弱或消除故障。解锁后，自动门处在停止状态，VD7停止指示灯亮起。

（5）电源电路工作原理

220V交流电压送入T1初级，在T1次级输出13V左右的低压交流电。然后由UR1进行整流，输出带有较多交流成分的直流电，再由C4、C5滤波，得到约11V～18V左右的较平滑的直流电，供给继电器等使用。

11V～18V左右的电压送入IC3，经IC3稳压后，输出5V电压，通过C6、C7滤波，从而得到纹波系数很低的优质+5V直流电压。该电压提供给IC1和IC2等使用。

（6）控制电路与主电路的两种连接方案

一种是常用的连接方法，是通过继电器的触点来控制接触器电磁线圈的供电回路。这种连接方法使传输线中带电，要求传输线的绝缘性能好，地下管路要具有更好的绝缘性能。但是这种连接方法比较简单。

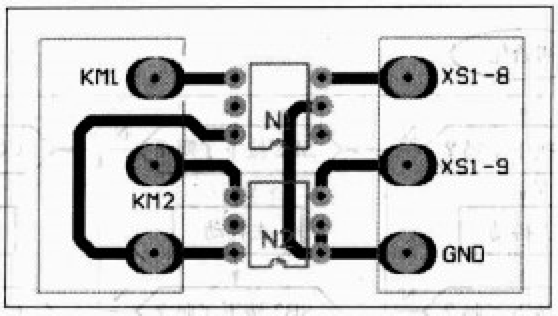


图5 光电耦合器电路板

另一种是采用输送控制信号的方式。先将控制信号送给安装在主电路中的2只光电耦合器，再通过光电耦合器给接触器电磁线圈提供控制电压。这种传输方式比较安全，可以把过流保护信号线、防撞保护信号线、关门限位信号线、开门限位信号线、电动机控制信号线等放在一个管路中，便于施工安装。但需要在主电路中增加一块小电路板，如图5所示。

三、自动门单片机控制器的制作

1．编写和调试单片机运行程序

自动门单片机的运行程序，可以使用汇编语言或C语言编写，也可以使用PROG－100开发器的C−BASIC语言进行编写。程序流程图见图6。

程序编写后还要进行调试。程序的调试可以使用仿真板，也可以在装配好的控制电路板上进行。

本期配刊光盘提供了自动门单片机控制器的汇编源程

附表 自动门单片机控制器元器件清单

序号	器件名称	规格型号	数量	元器件代号
1	电阻器	RJ－1/16W－22kΩ	3	R1、R8、R9
2	电阻器	RJ－1/16W－2kΩ	4	R2～R5
3	电阻器	RJ－1/16W－10kΩ	2	R6、R7
4	电阻器	RJ－1/16W－1kΩ	3	R10～R12
5	电阻器	RJ－1/16W－3.9kΩ	2	R13、R14
6	电阻器	RJ－1/16W－1.5kΩ	2	R15、R16
7	电阻器	RJ－1/16W－4.7kΩ	1	R17
8	电阻器	RJ－1/16W－100Ω	1	R18
9	电容器	CC－27pF/50V	2	C2、C3
10	电容器	CL－0.1μF/50V	2	C5、C7
11	电容器	CD－10μF/25V	1	C1
12	电容器	CD－220μF/16V	1	C6
13	电容器	CD－1000μF/16V	1	C4
14	晶体振荡器	24MHz	1	B
15	二极管	1N4148	4	VD1～VD4
16	二极管	1N4004	2	VD9、VD11
17	发光二极管	φ3－黄、绿、红	3	VD5～VD7
18	发光二极管	φ3－红	2	VD8、VD10
19	整流硅堆	1KBP10（1A 100V）	1	UR1
20	三极管	CS9013	3	VT1～VT3
21	三极管	CS9012	2	VT4、VT5
22	集成电路	74HC04	1	IC1
23	集成电路	AT89C2051	1	IC2
24	三端稳压电路	LM7805	1	IC3
25	轻触按钮	6mm×6mm×9mm	4	SB1～SB4
26	继电器	CZR－1/12V	2	K1、K2
27	接线排	7.62mm脚距/12位	1	XS1
28	蜂鸣器	φ13mm	1	HA
29	IC插座	14脚、20脚各一	2	IC1、IC2
30	印刷电路板	120mm×70mm	1	专用
31	电源变压器	220V:13V/5VA	1	T1
32	光电耦合器	MOC3062	2	N1、N2

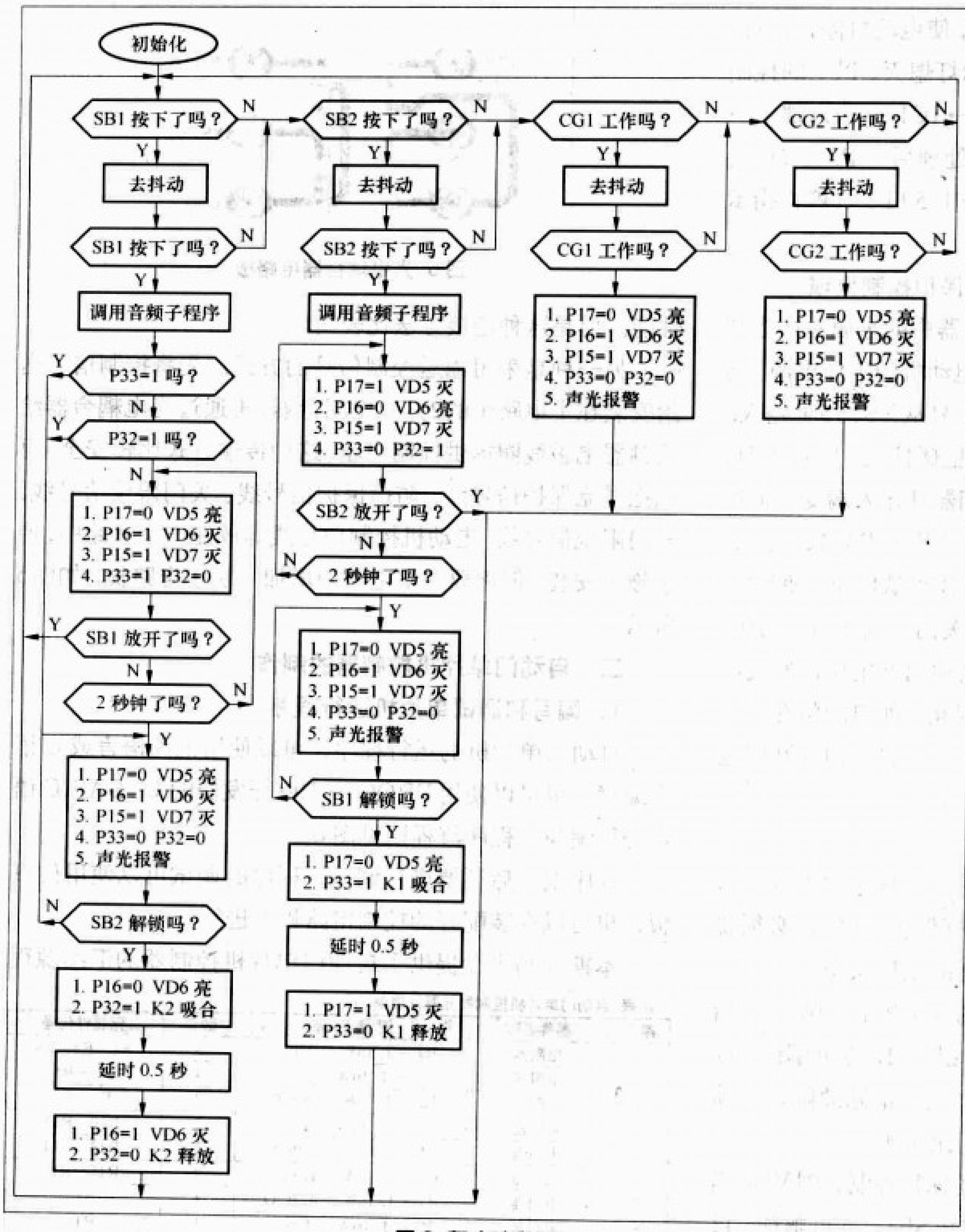


图6 程序流程图

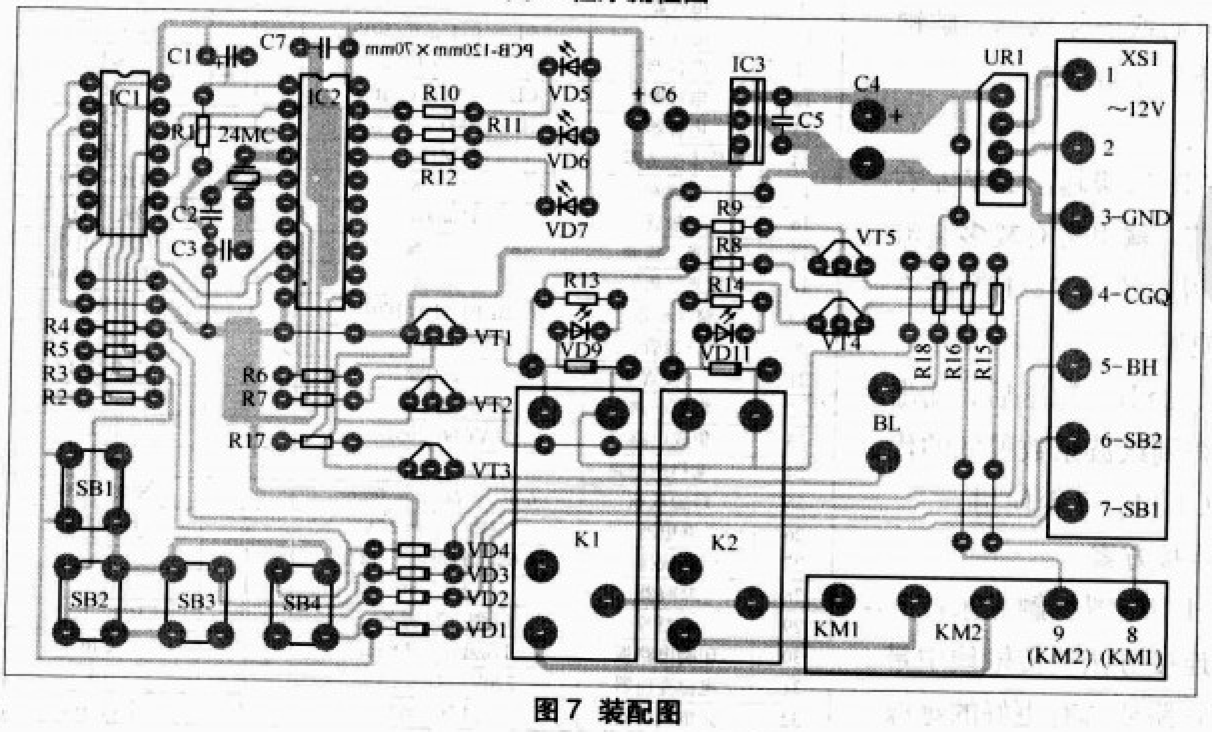


图7 装配图

序和编译好的文件，将文件“ZDMCX.HEX”复制到自己的编程器软件文件夹中；点击编程器操作图标，出现编程器操作界面；点击“加载”，然后在编程器软件文件夹中找到“zdmcx.hex”，并确定。以后步骤按照正常的方法进行，最后将程序“写入”单片机中。

2. 控制电路板（PCB）的装配

设计自动门控制电路板（PCB），可以使用Protel 99SE等电子CAD工具进行设计制作，PCB板的体积应与原电路板相同，特别是固定电路板的固定孔要与原电路板完全相符。图7是控制电路板的安装图。

3. 主要元器件的选用

为了达到预期的制作效果，合理的选用本控制电路中的主要元器件，这一点是很重要的。

(1) PCB要选用环氧材料，不要使用纸板材料。

(2) IC1（74HC04）、IC2（AT89C2051）应选用质量好的，以保证控制电路性能稳定可靠。

(3) 继电器K1、K2的触点电流最大为10A，可以满足所有接触器的动作需要，也能直接带动2kW以下单相电动机。

附表提供了所有元器件的明细。

4. 控制电路板的调试及排故

装配完毕，检查无错装、无漏焊、无虚焊、无连焊后就可进行单板调试及整机总调试。

单板调试重点检查装配后的元器件质量，检查各控制功能是否符合控制要求。

整机调试重点检查电路板的各工作状态与性能，使之符合设计要求。

通过以上调试后，自动门单片机控制器就能投入实际使用。

淘宝攻略

快门瞬间，美丽呈现！

为你的作品拍出漂亮的照片！

文/杜 洋

图1和图2哪一幅你觉得漂亮呢？当然，我是故意制造出它们的差异，好让你有兴趣读完我的文章。这篇文章的目的就是来探讨如何让电子爱好者拍出漂亮的实物作品的照片，把它上传到淘宝店、自己的博客上或是发表在技术论坛里，都会让作品的魅力增色不少。我并不是专业摄影人士，只是就我了解的一些摄影知识与各位分享，希望可以抛砖引玉，并帮助那些苦于给自己作品拍照的电子爱好者们。

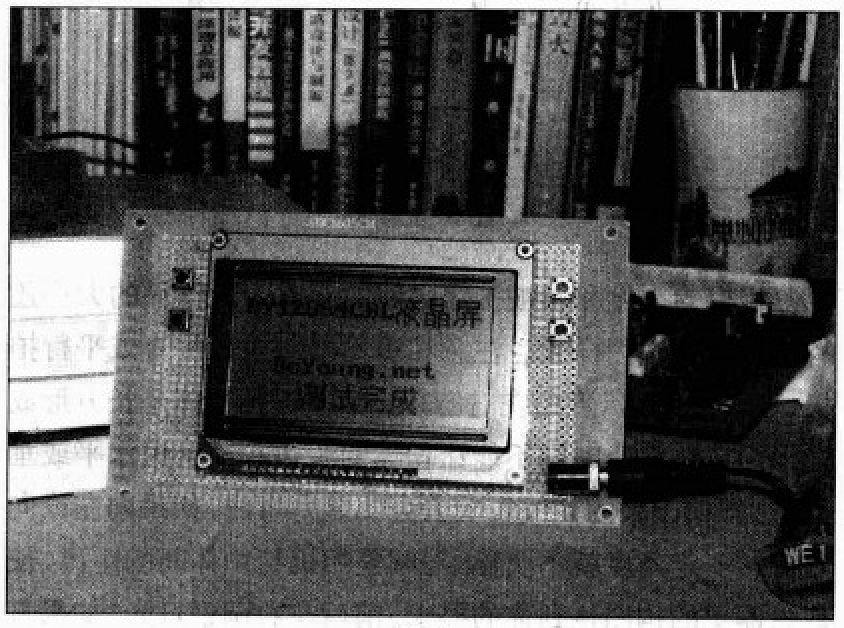


图1

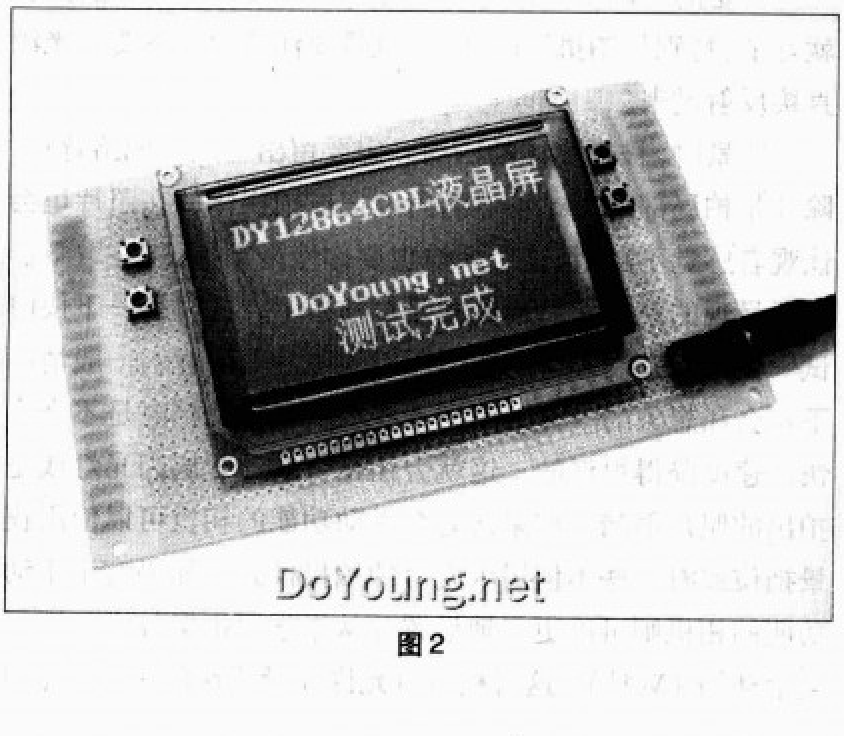


图2

图1和图2哪一幅漂亮和你的审美观念有关。什么是美，什么是丑，每个人的感觉都不相同，这时大众的审美标准应该是我们拍摄电子制作品所需要的依据。如果你认为图1和图2差不多，那么不是你故意找茬就是你的审美观念和对于美好事物及精致细节的追求还没有被激活。这种审美的冬眠状态不只表现在对照片的欣赏能力，而且还涉及到你能不能从美观的角度去设计你的电子作品，美观照片的前提是你的被拍物品先要美观。

拍摄图1所示的照片很简单，随便找一台家用的数码相机并设置为AUTO挡（自动挡），把要拍的作品放到取景器里（一般为液晶屏），调一调镜头焦距，再按下快门就OK了。这样拍出来的照片你会拍得更好看，因为如图1所示，我已经好久没擦桌子了，上面的东西也是乱七八糟没收拾。丑陋的照片不仅让观者不快，还会让读者对产品的质量产生质疑，甚至联想到拍摄者的人品问题，知道这有多可怕了吧，一张好照片是多么的重要呀！

拍摄图2所示的照片要复杂一些，它给人的感觉是简洁而美观的，适中的曝光度让它看上去很整洁、鲜明。照片的构图明快，纯白又有一些灰边的渐变效果的背景处理更突出主体且有独特风格。你想拍出这样的照片吗？好了，下面就七上八下，从一道来。

1.练习你的审美

什么是好照片，你能拍出什么样的好照片？这和个人的审美有观，不过最有效的判断依据是观者的反应，依我的经验来看，简洁、明快是重要的，参考其他商业广告的优秀照片风格来找到你自己的风格。

2.准备你的知识和经验

有了你自己的审美和风格，下面要清楚的是你要如何实现它。首先你需要了解一些基本的摄影知识，如数码相机工作原理，相机和照片由哪些属性组成，包括曝光度、色彩、白平衡、景深、构图、光圈值、快门速度、像素、文件格式、焦距、ISO等等，通过搜索引擎和摄影专业书籍可以了解这些内容。之后就要有一定的摄影经验，至少你要有一台数码相机，并拍摄过5000张以上的照片，而且是在拍摄

中不断学习和积累经验的。如果你确实有兴趣学习并想方设法地满足了上述条件，你就可以成功晋级下一个环节了。

3.准备你的装备并了解它们

相机是一定要有的，千万别说你的手机可以拍照，我的手机也能拍，但是无论怎样手机都不能拍出理想的效果。你更需要一台家用的数码相机，它具备一般的相机的基本功能，最好有全手动拍摄功能（M挡），即可以自由地调节光圈、快门速度和ISO，如果没有也没关系的，只是稍微麻烦一些。如果你的相机是单反，那你应该比我专业，这里就不区分单反相机了，其实基本拍摄过程也差不太多。我所使用的相机是柯达Z7590，具体的相机操作和拍摄细节在下一节里会介绍。

现在看看其他重要的设备，它们往往被许多朋友所忽视，以为拍出好照片只需要好的相机，实际上并没这么简单。

背景是重要的组成部分，它和电子作品同时出现在照片里。背景是绿叶，为被拍摄主体这朵红花服务的，而其他的灯光、三角架、相机等都是更低一等的仆人。为了使照片整洁则最好使用浅色的背景色，白色是最佳的选择，即使被拍物体也是白色，在一定的灯光角度下也是可以使用的。除了专业的白色背景板，A4打印纸是最好的选择，便宜且方便。图2就是使用的A4纸当背景。

灯光也是重要的组成部分，不能想象出没有灯光的照片是什么效果，那绝不是我们想实现的效果。许多朋友常用的灯光有两种：机上闪光灯和阳光。机上闪光灯就在相机上面，光线不足时它就会闪，可是即使是没有摄影经验的人也能看出，使用闪光灯拍出的照片是很难看的，特别是近距离拍摄的时候。不是反光面太亮（曝光过度）就是光线太硬、没有质感，而且拍摄像液晶屏这样带有自发光特性的电子作品时就显得很无奈，所以我们这里不使用机上闪光灯。那么阳光应该是一个不错的选择，可是它并不听话。如果你能控制太阳在你想拍照时出来并等你拍完再走，那么你就不用再拍了，联合国会重用你的。在没钱购买专业灯具的时候，我选择了日光灯，我们东北人叫它“电棍儿”。使用电棍儿有几点好处，首先它不是点光源，要知道点光源产生的深厚的阴影是多么让人讨厌，其次它的特性较接近日光，这会让照片显得柔和且自然。但是问题来了，日光灯一般都是30W或40W，这种亮度必须增加快门速度才能保证曝光充足，而快门速度一旦慢于1／60s时（假设镜头焦距为35mm），相机轻微的抖动就会让照片变得模糊，所以我们需要三脚架的帮助。

在我看来，三脚架是上个世纪最伟大的发明，它让拍摄者的双手解脱出来，同时让相机可以发挥从1/60s到B门（无限长时间）的快门优势，我们拍摄的优势也在这一区间。建议对摄影感兴趣的你可以买一支三脚架，以后拍星空、城市夜景或是拍烟花时都可以用到的。行了，我们的设备齐了，下面开始拍摄吧。

4.开启快门

现在正式拍了，可是各种设备的摆放位置还没有说明。不同的位置会产生不同的效果，特别是灯光。图3所示是设备基本的摆放位置，其中日光灯离桌面的高度在2米以内，可以在A、B之间选择最佳的效果。

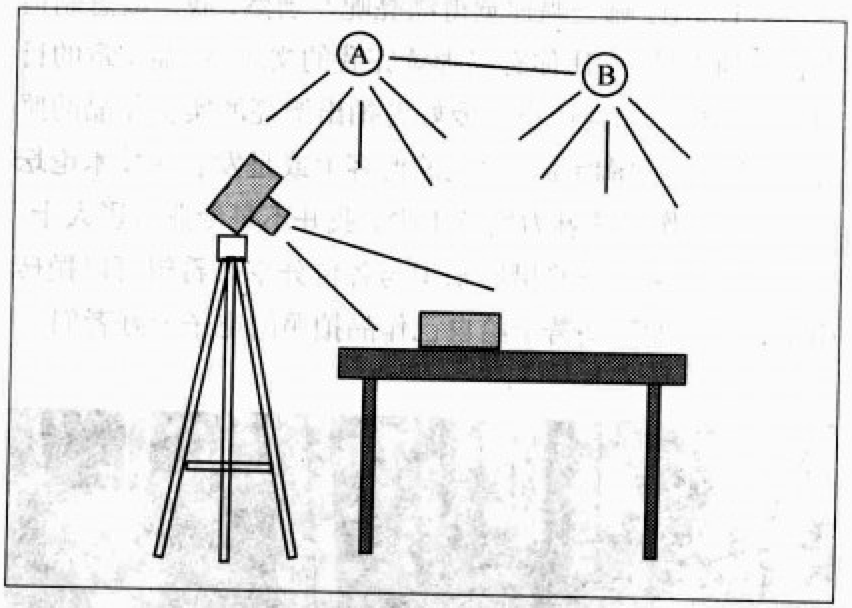


图3 位置图

相机的高度和与被拍物之间的距离要看作品的大小还有你希望的构图样式。注意相机不要与桌面垂直或平行拍摄，最好是在45度角左右游动。如果被拍物体是长方形或边缘由直线组成时则不能让物体的长边在镜头里水平或垂直，这样拍出来的直线看上去会明显变弯曲，如果向左或向右旋转一定角度就不明显了。调整相机与物体间的距离，使取景器里的构图达到你的要求。前后左右调整灯光，如果灯光是固定的则调整相机和被拍物体，不要产生太重的阴影就好了。特别是拍摄液晶屏时，更是要注意角度不要让光源直接反射过来。

取景时，被拍物体的四周一定要留出一点余地给背景，除非是拍局部特写，不然满满地把被拍物体放在照片里会让观者感觉不舒服，这个余地也要你慢慢掌握。现在取景器里所呈现的就是我们最终的照片样子了，这时按一下快门试一试，看有没有得到我们预期的照片效果呢？一般情况下不会和想象的一样，因为某些相机在自动挡时是不会将快门速度降得很低的，这就会让相机自动开启闪光灯或是拍出的照片很暗。如果没有全手动功能的相机可以使用夜景挡位或有一些不使用闪光灯的拍摄模式。如果有全手动功能的相机则可以更好地设置并从中学习摄影技术。选择全手动挡（M挡），这时相机将允许你设置快门速度、光圈

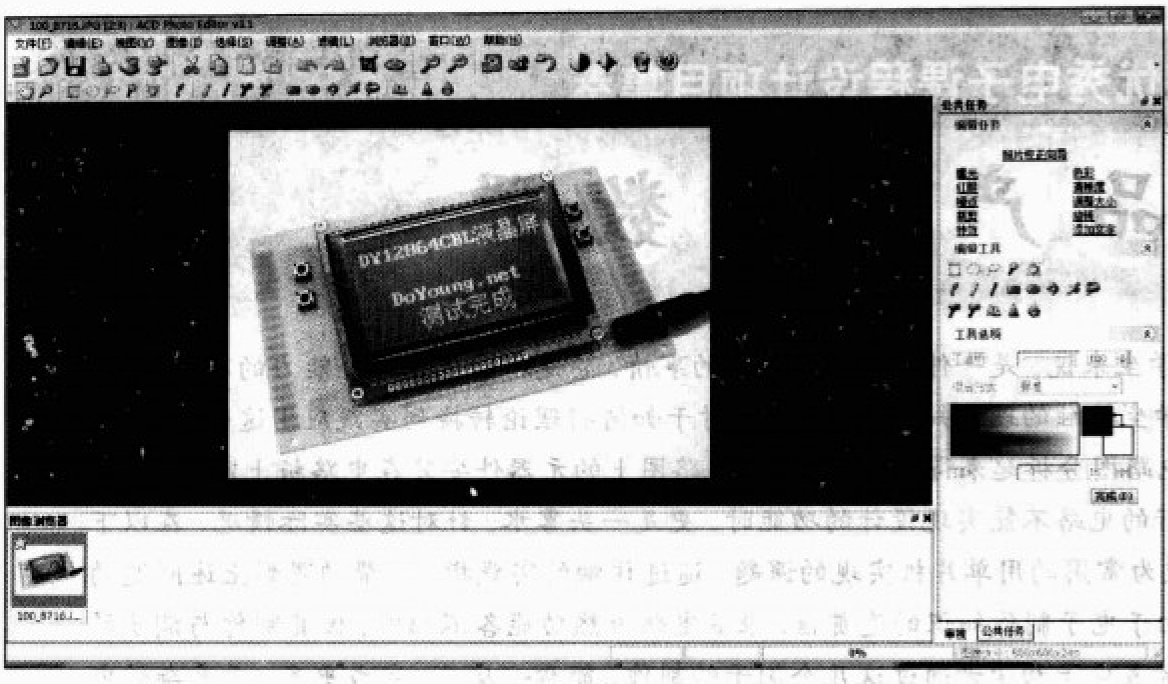


图4

值和ISO值三个参数，同时相机上应该还显示出一个机内测光表。我们先将光圈值设置到最小（一般为F2.8左右，此时光圈最大），这样可以得到较小的景深而更突出主体，也更有层次感。随后将ISO值设置为80或100，较小的ISO值可以让照片的杂色更少，图像质量更高。最后以测光表为依据调整快门的速度，注意测光表应该是多点测光方式，当测光表显示为0或+0.3时则说明调整完成了。按日光灯的亮度和我们之前的摆设，快门的速度应该是1/15s到1.5s之间，根据实际情况而有所不同。再把相机设置为微距拍摄模式，因为相机离被拍物体较近，微距模式可以更精准地对焦，一般的相机都有此功能。好了，一切设置完毕，就差按下快门键了，可是虽然相机已经由三脚架固定了，但最好还是设置为定时拍摄，因为定时拍摄可以让快门动作时没有手的干扰，效果会更好。最后，照片在液晶屏上显示出了最终的效果，这时要注意最终效果可以比理想效果暗淡，但不能更明亮，因为光线暗是可以在后期用软件补偿的，而过亮的地方却很难还原了。

5.后期处理

将照片上传到电脑，我们得到了最原始素材。现在我们则要对照片的曝光、颜色、尺寸进行处理，这是我们一般的处理内容，我不喜欢使用庞大的图片处理软件，所以我选择了ACD Photo Editor3。它身小能力大，做一般的照片处理正合适。图4是这个软件的界面，点击文件→打开，打开我们刚才拍的照片。在窗口右边的编辑任务栏是我们即将完成的工作，首先选择“曝光”选项，在打开的窗口中选择“色阶”选项卡，在窗口下面选择“自动…”，再选择“调整颜色和亮度”，如图5所示。一般情况下软件会调整出最佳的效果，如果不理想可以在上面的数据表里微调，最后点击“完成”。随后选择“调整大小”，在保持纵横比的前提下将照片调成640 × 480，一般的网页上传都使用这个尺寸，当然你要保留原图，以便再改成其他尺寸。其他方面的编辑，如清晰度、裁剪、噪点之类的调整就等你慢慢研究了，调出一张好照片是很有趣的事情。

最后的最后是加一个水印，这证明了照片的主人，同时也会让照片更好看。我这里使用的是“轻松水印V4.0”软件，这是一个小巧的水印工具，可以批量地增加水印，其界面如图6所示。在模板区设计一个自己的水印样式，可以是图片也可以是文字。在主窗口中可以预览其效果，当你感觉满意时只要点击“开始处理”，我们的水印就加到照片上了。

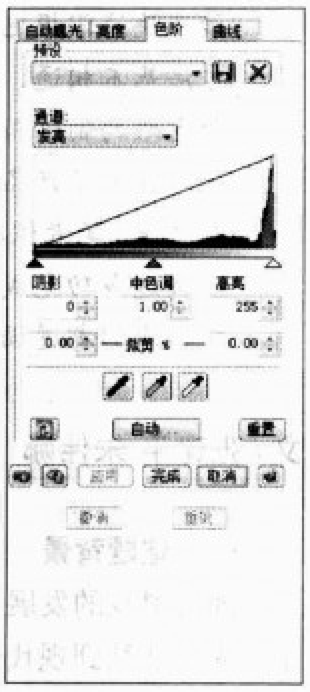


图5

用美丽的作品拍出漂亮的照片，带来美好的心情。我们电子爱好者在深入电子技术的同时更应该多关注、多学习其他行业的知识，并从中借鉴思想、产生联想，

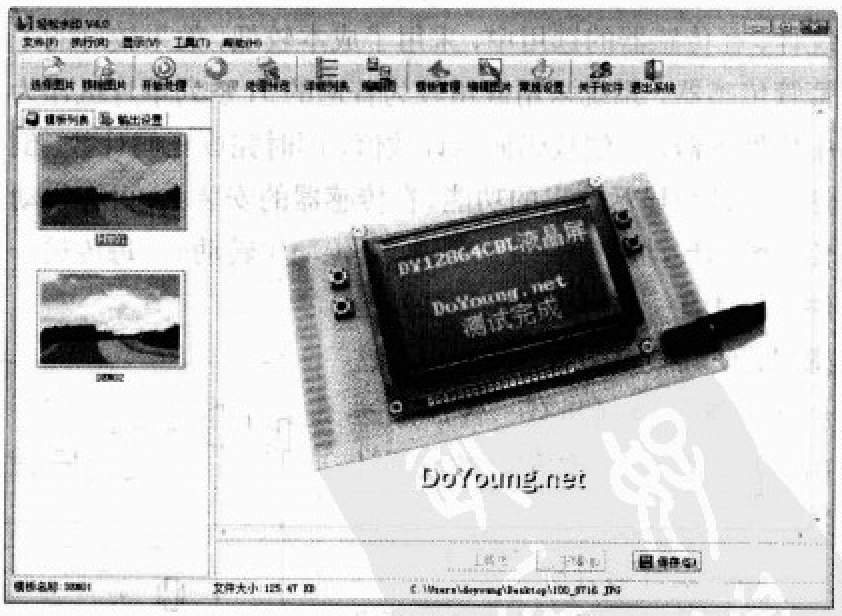


图6

这是创生新思想的源泉。也就是说你的爱好越广泛就越能把它们联系起来创造出新的东西，这个理论是我听说的，从我亲身经历来看确实如此。祝愿大家都能在摄影中找到乐趣，在博学中产生独立思考。

优秀电子课程设计项目集萃

产品产量计数器

电子课程设计对于电子类的学生来说，是一件都有机会遇到的事情，它是检验学生综合能力的有效手段，然而在实际的操作中，由于很多学生接触的理论知识比较多，而对于如何将理论转换到实践应用这一环节上，出现了许多问题，有的学生拿到电路图分析起来得心应手，而当电路图上的元器件安装在电路板上以后，就不知道如何下手，特别是遇到制作好的电路不能实现设计的功能时，更是一头雾水。针对这些实际情况，在以下的篇幅中，笔者专门选取了4个较为常用的用单片机实现的课题，通过详细的实践指导，帮助遇到上述问题的读者快速掌握电子制作的要领。由于电子制作知识的连贯性，很多电路虽然功能各不相同，但其制作与调试的方法基本相通，因此希望学生读者或电子初学者通过这几个例子的制作，能举一反三，完成更多、更复杂的电子电路的制作与调试工作。

在电子产品的制作中，对于一些初学者来说，有好的制作与调试习惯，很大程度上决定了制作成功的概率。在这里，笔者根据多年的实践经验，同时结合对一些电子院校学生的指导中出现的一些问题，总结出帮助初学者快速成功完成电子制作的14字秘诀：“单元电路分开做，做完马上就调试！”在以下的几个课题的制作指导中，我们都遵循以上14字秘诀来完成整个电路的制作与调试。

文/张建平 朱伟娜

一、选题背景

随着科技的发展，对产品产量的计数方式经历了从最早的人工数数到现代的采用计算机进行计数的变革，记录的数据也从用笔记录变为自动显示。

本设计用于对工业生产中自动化流水线上产品产量的统计，在传感器的选用中，采用了成本较低，效果较好的干簧管传感器，系统采用应用较为普遍的51系列单片机作为中央处理器，三位数码显示计数值，同时完成正向计数、倒计数和计数显示输出的功能。在传感器的安装上，可在带动传送带的传动轮上安装上磁铁，当传动轮转动时，每传送一件产品便有一块磁铁经过干簧管传感器，使其吸合一次，系统根据这个开关量信号判断有一件产品送出，从而完成相应的加计数或倒计数。

二、设计与分析

从设计所要完成的任务与要求来看，驱动三位数码管，从节省硬件资源的角度考虑，可采用扫描的方式来处理，对于7段数码管，占用7个单片机的I/O口，另外设置三个电子开关对三位数码管完成扫描操作，这样要占用3个I/O端口，一个计数输入端口，一个蜂鸣器端口和两个端口用于正计数和倒计数的功能选择，因此实际占用的单片机I/O口为14个，为此，我们可以选用51系列单片机中的简易型产品AT89C2051来作为中央处理器。这款单片机的I/O作为输出时，具有较大的吸收电流能力，因此我们可以选用共阳型数码管，这样由单片机的I/O就可以直接驱动，能简化硬件电路的设计。

经以上分析，我们设计出这款产品产量计数器的电路原理图见图1。

根据原理图，我们设计的PCB线路板图见图2。

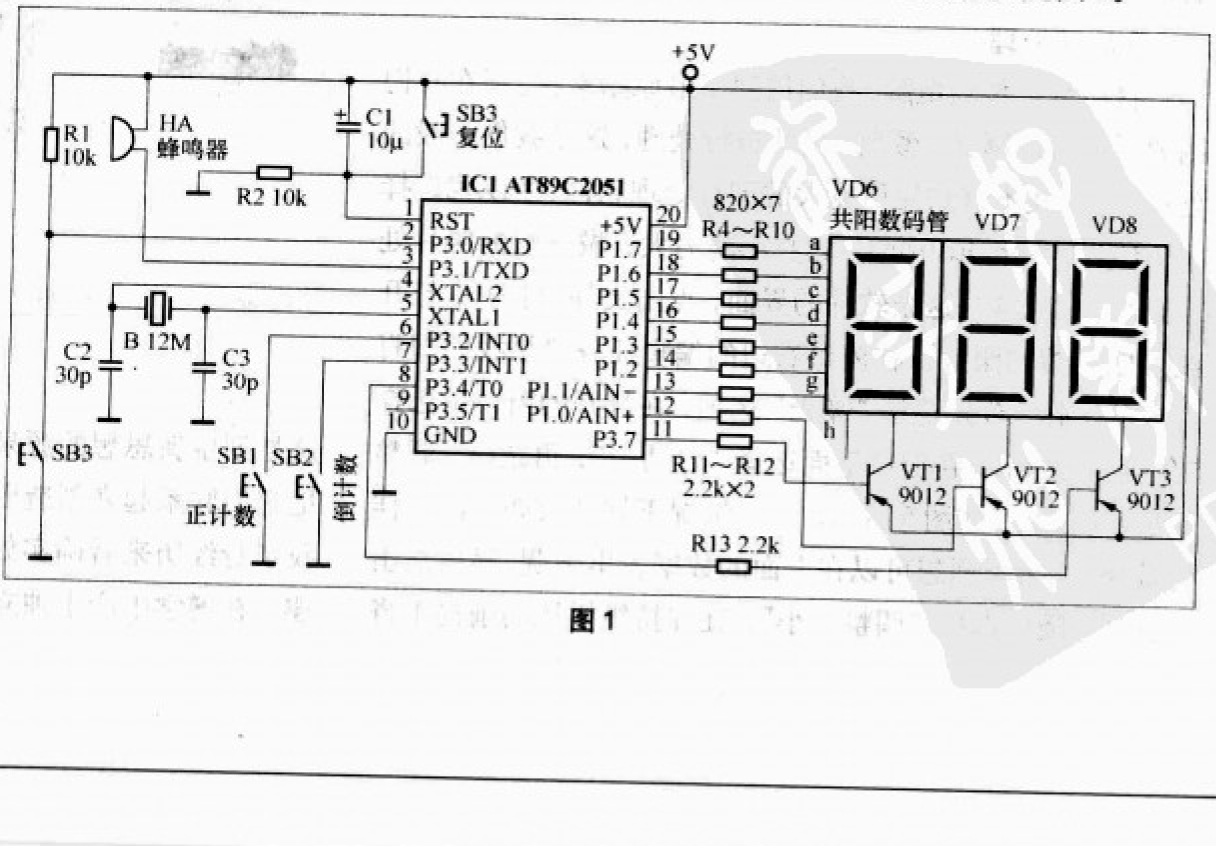


图1

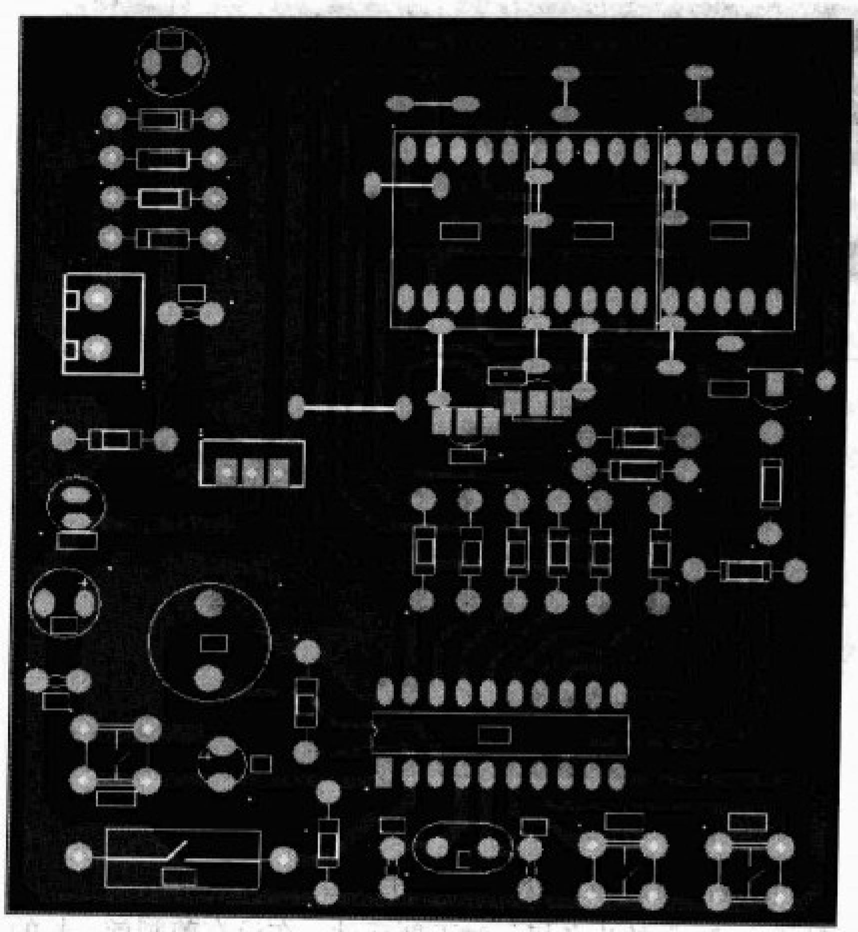


图2

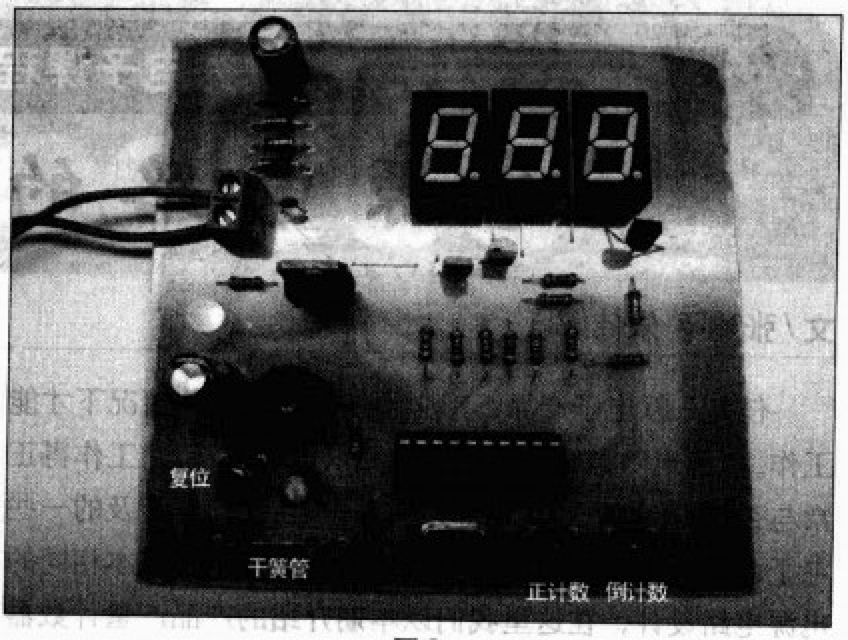


图3

三、硬件电路的制作与调试

1.显示电路的制作与调试

将R4到R12及3只共阳数码管焊好（注意不要焊反，数码管中有小数点的为下方），将3只电子开关三极管VT1～VT3焊上，再将20脚的集成电路插座焊上，这样这部分电路就制作完成了。接下来对这部分电路进行测试。接上电源，数码管全灭。用一导线一端接地，另一端插在集成电路插座的11脚上，这时用万用表电压挡测量VT1集电极电压，正常应为4.5V以上，若不正常，检查VT1是否焊反，R12是否虚焊等。用另一导线的一端与地线相连，另一端依次碰集成电路插座的19脚到13脚，一边碰一边查看数码管VD6，正常时可以看到每碰一个脚，对应一段数码管灯亮。若不亮，仔细查看与该脚相连的电阻及数码管是否虚焊。用同样的方法完成对另外两只数码管的调试工作。

2.发音电路的制作

在本电路中，所谓的发音电路即为一只5V有源蜂鸣器，选用这种器件可简化电路的设计，只需通上电源，便会发出“嘀……”的鸣叫声，而无需专门设计音频信号发生电路。

将蜂鸣器焊好后，通上电源，用一导线一端接地，另一端碰20脚集成电路插座的第3脚，这时可以听到蜂鸣器的叫声，若无声，说明蜂鸣器损坏。

3.计数电路与功能选择电路的调试

将R1、SB1、SB2和SB3等器件焊上，在不上电的情况下，用万用表电阻挡测集成电路插座6脚对地电阻，应为无穷大，当按下SB1时，电阻应小于10Ω，若电阻值偏大，说明按键接触不良，应换一接触良好的器件，用同样的方法测量SB2。对于计数电路的测量，应在通电情况下完成。通电，用万用表直流电压挡测量集成电路2脚电压，当用磁铁靠近干簧管时，电压应在0.5V以下；磁铁移开时，电压应在4.5V以上。

4.整机调试

将烧录好程序的AT89C2051芯片插上（我们提供的芯片中已烧录好程序），注意方向不要插错（反插容易损坏芯片），芯片上有一个小三角的标记处为1脚。只要元器件焊接无误，按以上制作流程操作，装好后就可以正常工作。制作完成的产品产量计数器模型见图3。所有元器件全部制作完成后，接上电源，电源指示灯VD5亮，数码管显示“000”，进入正计数模式。将磁铁靠近干簧管然后再移开一次，计数值加1，当计数达到10的倍数时，蜂鸣器叫一声。按动倒计数按键时，系统进入倒计数模式，此时每采集到一个计数脉冲，系统自动完成减1操作。

四、系统软件设计

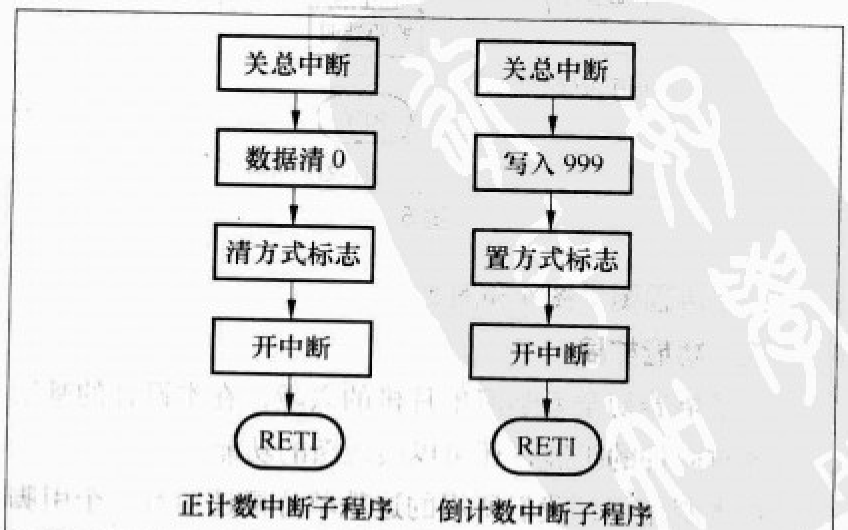


图4

优秀电子课程设计项目集萃

电源电路的制作与调试

文 / 张建平 朱伟娜

任何一款电子产品，都必须在供电正常的情况下才能工作。电源电路是给其他单元电路供电的电路，它工作得正常与否，直接关系到其他电路的工作。在我们所涉及的一些电子课程设计中，有很大一部分制作都采用了基本相同的电源电路设计，在这里我们以本期介绍的产品产量计数器电路中的电源电路为例，来介绍电源电路的制作与调试。电源电路原理图见图1。

制作过程很简单，按图1焊接各元器件即可，焊接时注意区分元器件的极性：如1N4007二极管，没有白线一端为

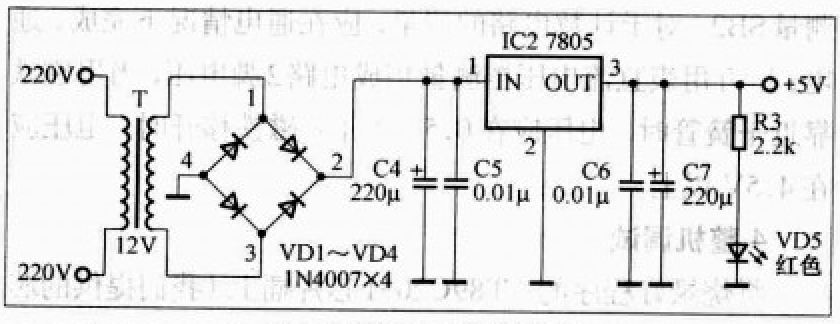


图1 电源部分电路原理图

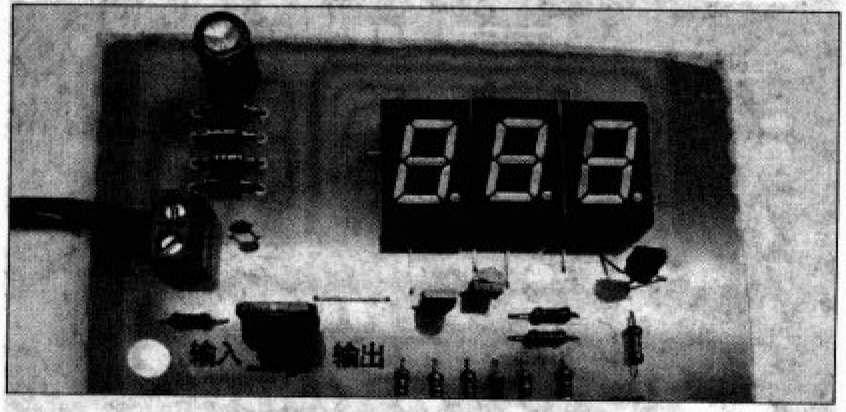


图2

正，电流从没有白线处流向有白线处。电解电容有一条白线且标有“−”的为负极，对于新元件，在没有剪脚前，长的为正，短的为负。发光二极管也是长的为正，短的为负。另外一点需要特别说明，在我们指导的一些学生中，对于电源部分的制作常犯的一个错误就是将三端稳压管反焊，图2是LM7805焊在线路板上的实物照片，希望读者对这个器件的认识加深印象。在图中我们特意标了一个箭头，读者可以理

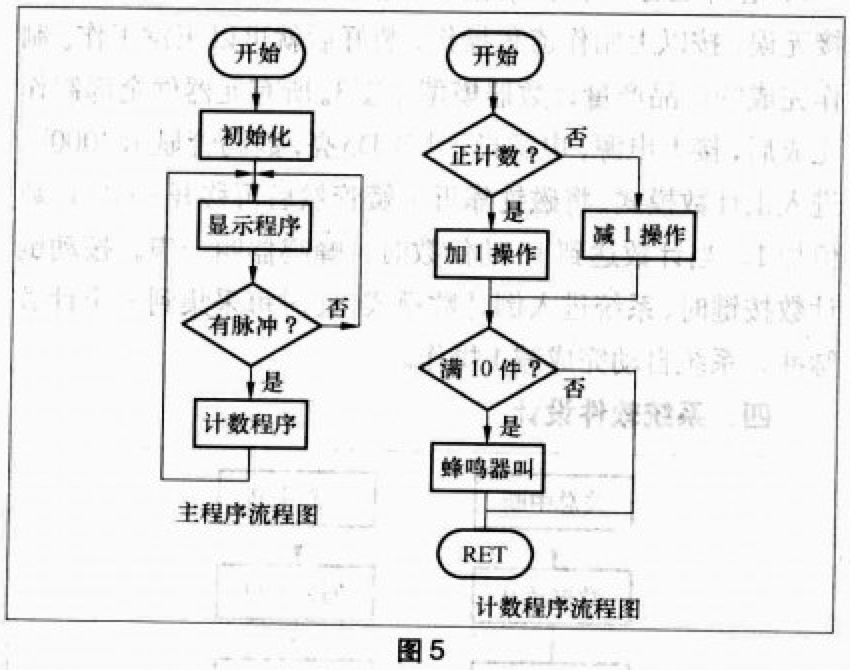


图5

程序流程图见图4和图5。

五、功能扩展

为了培养初学者学习单片机的兴趣，在本设计的基础上，通过软件的扩展，还可以实现新的功能。

在本制作中，我们所用的这款单片机还留有一个引脚尚未利用，即P3.5。在这里笔者介绍一种扩展功能的方案，供有兴趣的读者参考。由于P3.5内部接有上拉电阻，因此我们可以直接在该脚与地之间接一按键，作为新功能的选择键。现在的设计中，只有正计数和倒计数功能，每一功能的起始值都是系统自动完成的，即正计数时，初值为“000”，倒计数时初值为“999”，可以在软件上增加相关的语句，实现对计数初值进行设置，具体的方法，留给读者研究。

六、元器件采购清单

序号	元件名称	型号与规格	单位	数量
1	电阻	金属膜1/8W 820Ω	只	7
		金属膜1/8W 2.2kΩ	只	4
		金属膜1/8W 10kΩ	只	2
2	电解电容	10μF/16V	只	1
		220μF/25V	只	2
3	瓷片电容	30pF	只	2
		0.01μF	只	2
4	晶振	12MHz	只	1
5	发光管	φ5红色	只	1
6	二极管	1N4007	只	4
7	三极管	9012	只	3
8	三端稳压	LM7805	只	1
9	单片机	AT89C2051	块	1
10	集成电路插座	20脚	块	1
11	蜂鸣器	有源5V	只	1
12	接线柱	2位	只	1
13	按钮	轻触	只	3
14	数码管	共阳	只	3
15	线路板	单面敷铜板	块	1

优秀电子课程设计项目集萃

单片机电子琴

文 / 张建平 朱伟娜

一、选题背景

电子琴已为人们所熟知，她可以演奏出非常动听的乐曲。在许多专用的电子琴电路中，都采用了特殊的集成电路来完成电子琴电路的设计，利用专用电路产生的声音信号驱动扬声器发音，通过演奏者不同的操作，弹奏出美妙的乐曲。在这里，笔者利用单片机的强大功能，通过软件产生不同频率的声音信号，经相应的放大电路后，在扬声器中发出8个音节，同时又能自动演奏不同的曲子。通过这一方法来模拟电子琴的基本功能，对于初学者掌握单片机技术应用是一个非常有效的实践题材。

二、设计与分析

扬声器的作用是将音频电信号转化成人耳所能听到的声音信号，不同频率的声音电信号经扬声器发音后，人耳所听到的便是不同的声音，换而言之，只要向扬声器中输入不同频率的电信号，就可以产生不同的声音。若将不同的音节与一定的节拍组合在一起便形成一定的曲调，因此只要一个单片机I/O口，通过软件，控制其输出不同频率的信号，就可以产生8个基本音节，将音节以一定的节拍进行组合，便可以产生歌曲。8个基本音节由8个按键开关构成，占8个单片机I/O端口，音频信号输出占用一个I/O端口，另外再设置一个歌曲键，这里我们仍以AT89C2051作为主控制器，以单声道功放电路来完成声音信号的放大，最后驱动扬声器发音。

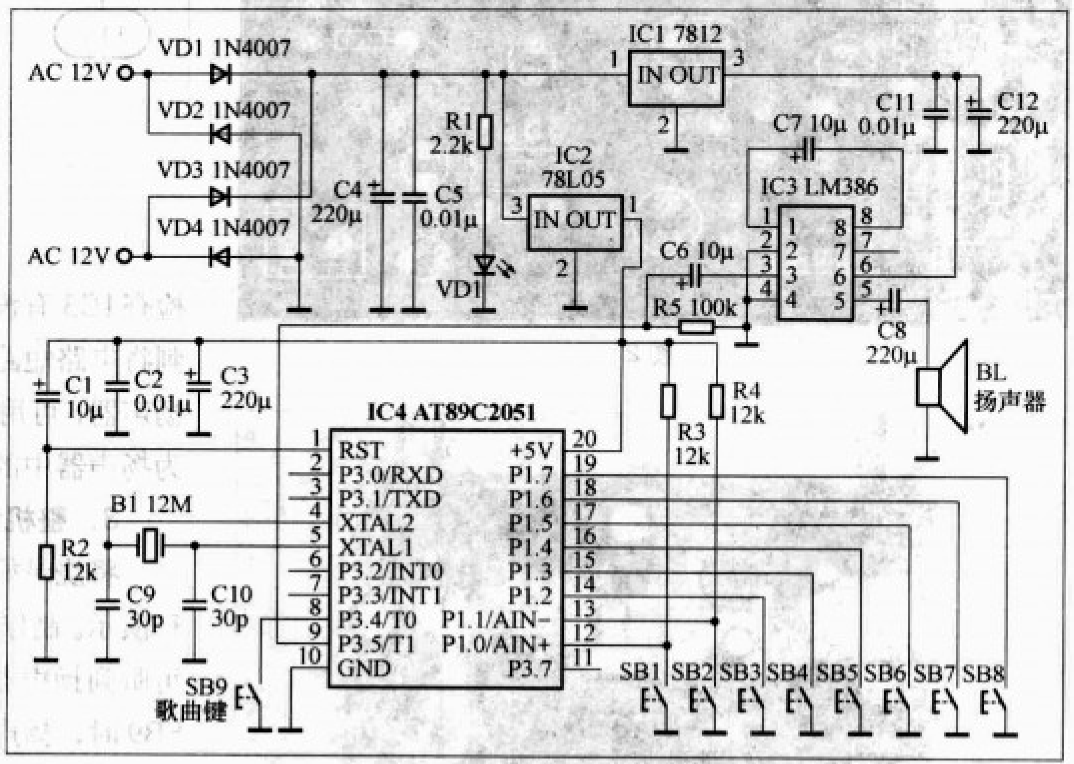


图1

经以上分析，我们设计出这款电子琴的电路原理图见图1。

根据原理图，我们设计的PCB线路板图见图2。

三、硬件电路的制作与调试

1. 按键电路的制作

将SB1到SB9焊上，再将20脚集成电路插座焊好，用万用表电阻挡测集成电路插座12脚对地电阻，应为无穷大。当按下SB1时，电阻应为小于10Ω，若电阻值偏大，说明按键接触不良，应换一接触良好的开关，用同样的方法测量

解为电流是从输入端流入，然后从输出端流出，这样箭头所指方向正是电流的流向。在实际安装时，若方向无法确认，可以用这个方法进行记忆。

电源部分的制作是制作过程的第一步，焊好后不要忙于焊其他电路部分的元器件，应先进行测试。这样就算出现问题，所要检查的元器件也较少，一般很容易处理；若是没有及时进行测试，等所有元器件都焊好了，一旦出现问题，对于初学者来说，就不知如何下手进行检查了。接下来，我们讲述如何对这部分电路进行调试。

接上电源变压器，用万用表测整流后的电压值，即LM7805的1、2脚之间电压值，正常应为12V~15V。然后再测7805第2、3脚间的电压值，正常应为4.9V~5.1V。同时查看发光二极管是否亮。由于发光二极管、集成电路容易被静电击穿，因此焊接时的时间不要太长，最好将电烙铁的外壳接地。若两处电压异常，仔细查看整流二极管有没有接反或虚焊，三端稳压管有没有插反。若两处电压正常，而发光管不亮，查看发光管有没有接反，经以上检测后，若都正常，说明电源部分制作完成且工作正常，接下来在对其他电路进行调试时，就可以用该电源电路为其供电，对其他单元电路的参数测量也就不需要专门准备测试电源了。

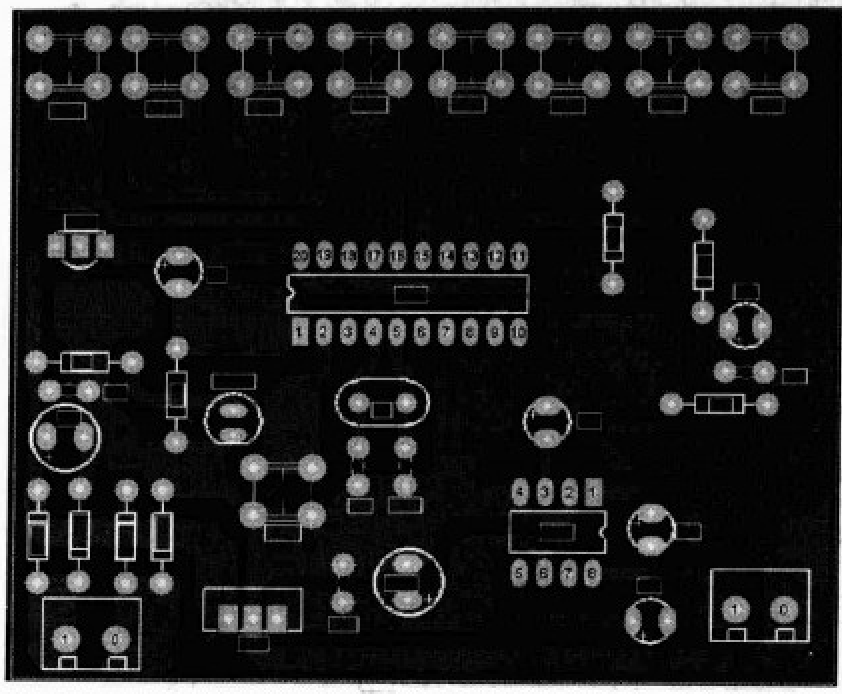


图2

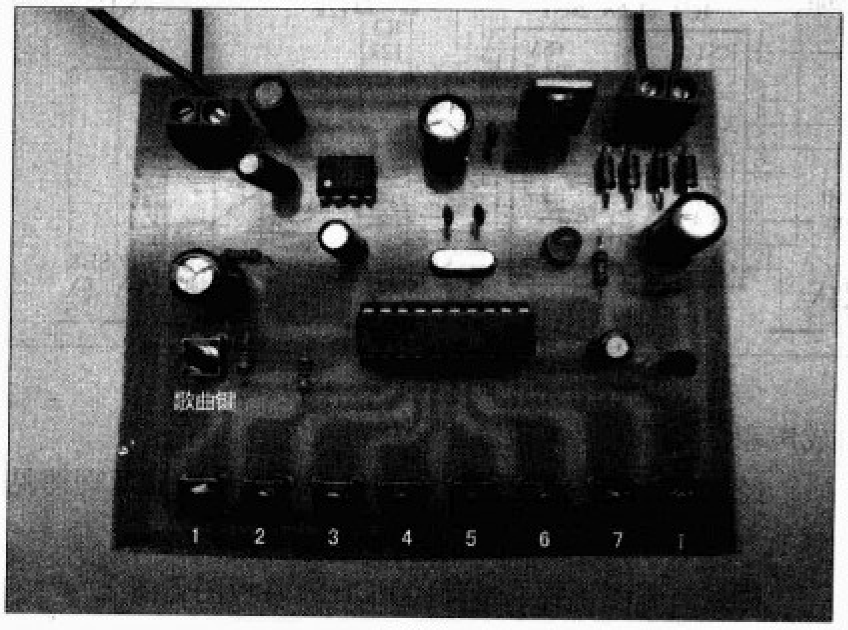


图3

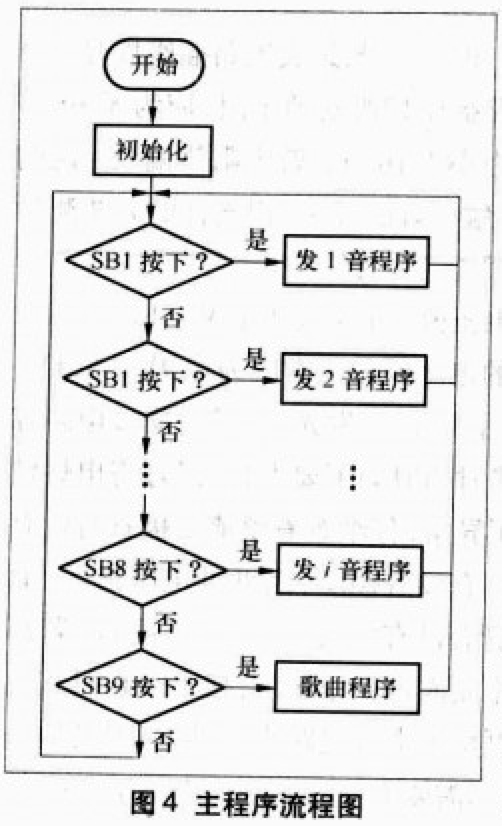


图4 主程序流程图

其他各按键开关。

2. 功放电路的制作

将C6、C7、C8、R5和IC3焊好，同时将扬声器接口的接线柱也焊好，将扬声器接于接线柱上，通电，对这部分电路进行调试。取一把小螺丝刀，用手捏住其金属部分，去碰20脚集成电路插座的第9脚，正常时可听到扬声器中发出“吱、吱”的鸣叫声。若不正常，应仔细检查IC3有没有焊反，重点看一下有没有焊接时留下的毛刺将电路短路等。若都正常，还是没声音的话，应重点检查扬声器，可用万用表电阻挡测扬声器电阻，正常为8Ω，因为扬声器中的线圈较细，容易断。

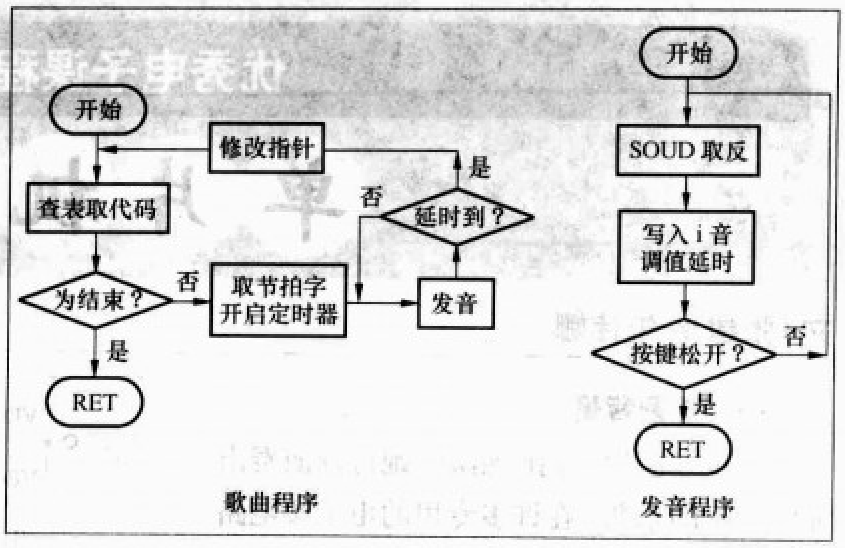


图5

3. 整机调试

将烧录好程序的AT89C2051芯片插上，通电就可以进行演示。制作完成的电子琴模型见图3。按动8个音节按键，可听到扬声器中发出的不同音节的声音，当按下“歌曲键”SB9时，扬声器中发出《八月桂花遍地开》乐曲。

四、系统软件设计

程序流程图见图4和图5。

五、系统功能的扩展

在本制作中，其精华在于如何输出不同控制频率的信号，只要真正掌握了这一点内容，读者可以根据不同歌曲的曲谱，编制本制作以外的其他歌曲的程序代码。由于在本制作中，笔者已将8个基本音节代码写好，因此，读者只要有一定的音乐基本知识，便可以实现上述扩展功能。

六、元器件采购清单 Ⓧ

序号	元件名称	型号与规格	单位	数量
1	电阻	金属膜 1/8W 2.2kΩ	只	1
		金属膜 1/8W 12kΩ	只	3
		金属膜 1/8W 100kΩ	只	1
2	电解电容	10μF/16V	只	3
		220μF/25V	只	4
3	瓷片电容	30pF	只	2
		0.01μF	只	3
4	晶振	12MHz	只	1
5	发光管	φ5 红色	只	1
6	二极管	1N4007	只	4
7	三端稳压	LM7812	只	1
8	三端稳压	LM78L05	只	1
9	单片机	AT89C2051	块	1
10	集成电路插座	20脚	块	1
11	集成电路	LM386	块	1
12	接线柱	2位	只	2
13	按钮	轻触	只	9
14	扬声器	8Ω/0.25W	只	1
15	线路板	单面敷铜板	块	1

优秀电子课程设计项目集萃

智能交通灯控制器

文/张建平 朱伟娜

一、选题背景

交通信号灯的出现，使交通得以有效管制，对于疏导交通流量、提高道路通行能力，减少交通事故有明显效果。如何采用合适的控制方法，最大限度利用好耗费巨资修建的城市高速道路，缓解主干道与匝道、城区同周边地区的交通拥堵状况，越来越成为交通运输管理和城市规划部门亟待解决的主要问题。随着电子技术的发展，利用计算机技术对交通灯进行智能化管理，已成为目前广泛采用的方法。

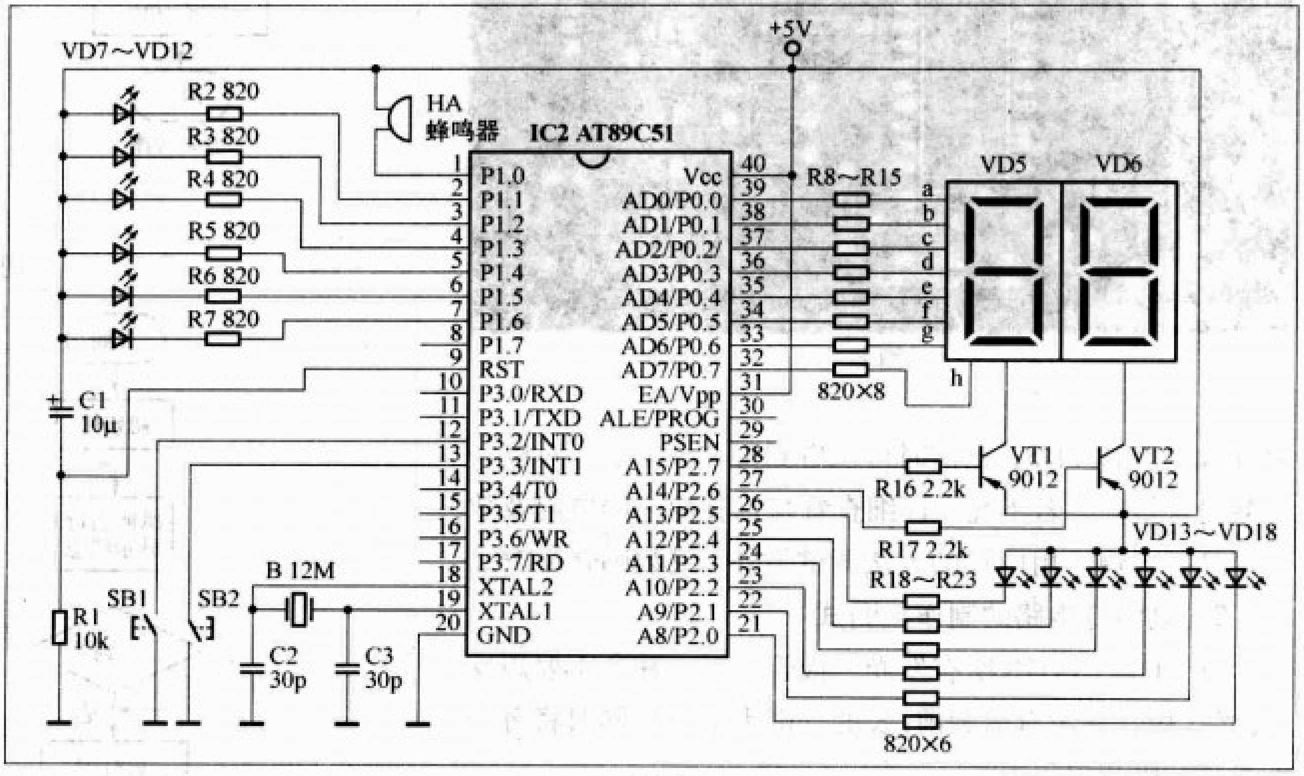


图1

1. 设计一个十字路口的交通灯控制电路，要求主车道和干道两条交叉道路上的车辆交替运行，每次通行时间都设为主道通行25s，次道通行20s；

2. 要求黄灯先亮5s，才能变换运行车道；

3. 黄灯亮时，要求每秒钟闪亮一次；

4. 倒数秒数显示；

5. 声音提示；

6. 当有特殊情况需要紧急通行时，可对红绿灯进行人为控制。

以上是目前常用路口交通信号灯的控制功能，为了演示效果，这里采用三种颜色的发光二极管来模拟交通信号灯。

二、设计与分析

从设计所要完成的任务与要求来看，显示通行时间必须用二位数码管，从节省硬件资源的角度考虑，可采用扫描的方式来处理，对于7段数码管，占用7个单片机的I/O口，另外设置2个电子开关对2位显示进行配合，占用2个I/O端口，十字路口共需4组红绿灯，加上转换黄灯，一共是12只灯，须用12个端口进行控制，加上两个方向上的紧急通行按键，占2个I/O端口和一个蜂鸣器端口，因此实际占用的单片机I/O口为24个，为此，我们可以选用51系列单片机中的AT89C51来作为中央处理器。这款单片机的I/O口作为输出时，具有较大的吸收电流能力，因此我们可以选用共阳型数码管，这样由单片机的I/O口就可以直接驱动，能简化硬件电路的设计。

经以上分析，我们设计出这款智能交通信号灯控制器的电路原理图见图1。

根据原理图，我们设计的PCB线路板图见图2。

三、硬件电路的制作与调试

1. 时间显示电路的制作与调试

将R8～R17及2只共阳数码管焊好（注意不要焊反，数码管中有小数点的应为右下方），将2只电子开关三极管VT1、VT2焊上，再将40脚的集成电路插座焊上，这样这部分电路就制作完成了。接下来对这部分电路进行测试，接上电源，数码管全灭，用一导线的一端接地，另一端插在集成电路插座的28脚上，这时用万用表电压挡测量VT1集电极电压，正常应为4.5V以上，若不正常，检查VT1是否焊反，R16是否虚焊等。用另一导线的一端与地线相连，另一端依次碰集成电路插座的32脚～39脚，一边碰一

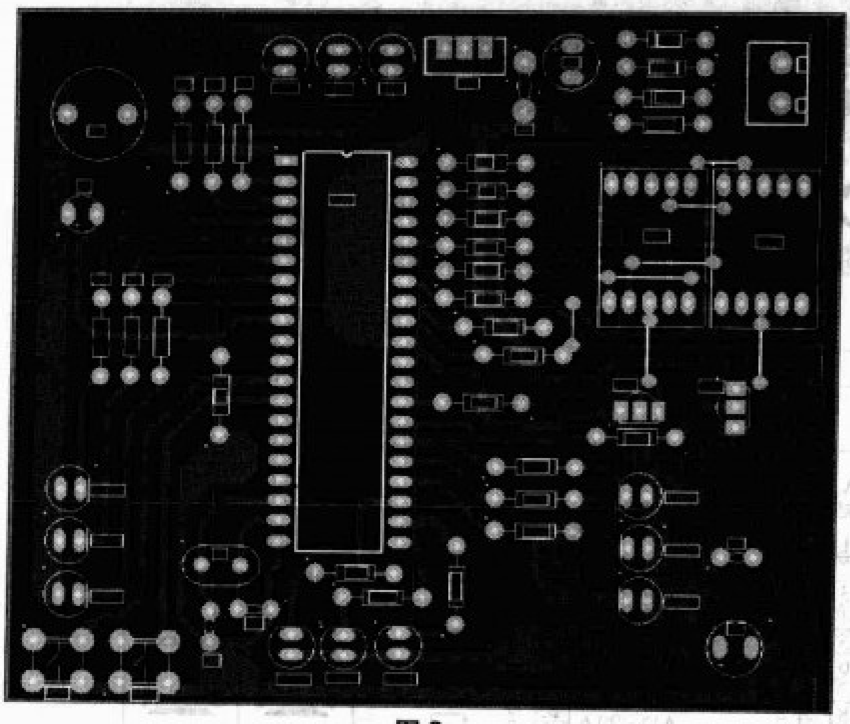


图2

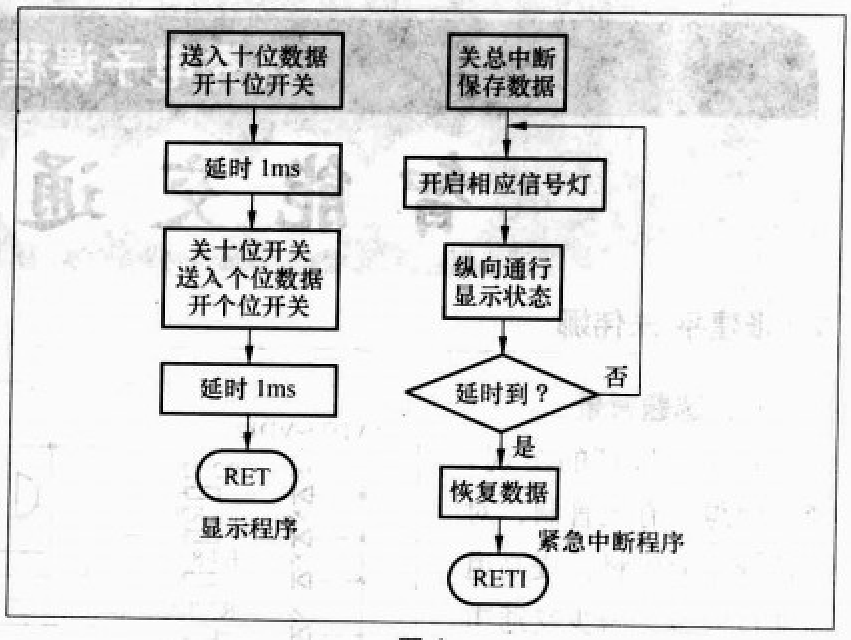


图4

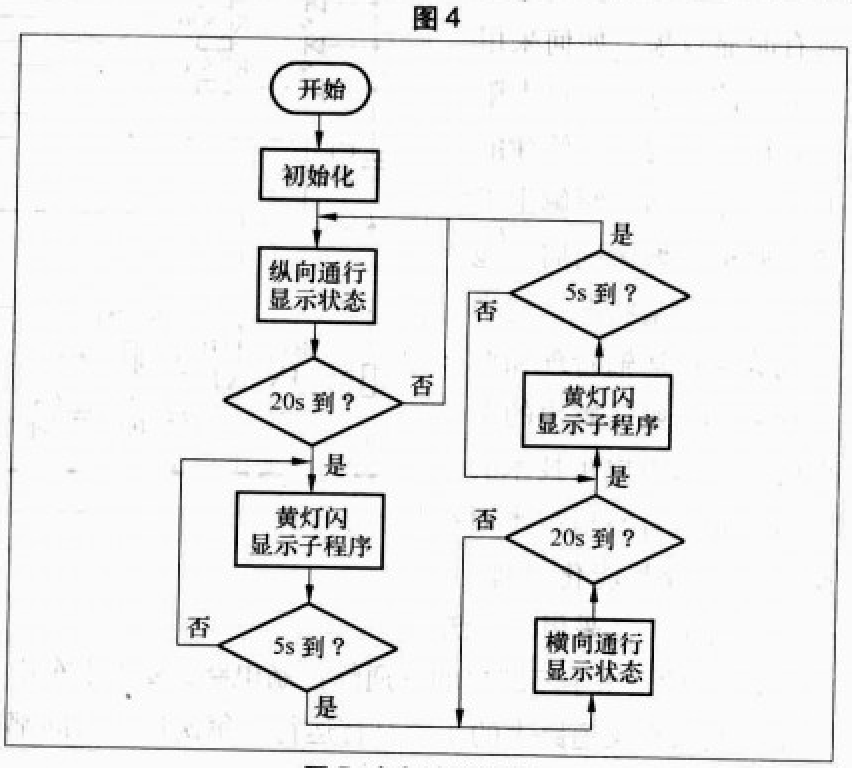


图5 主程序流程图

边查看数码管VD5，正常时可以看到每碰一个脚，对应一段数码管灯亮。若不亮，仔细查看与该脚相连的电阻及数码管是否虚焊。用同样的方法调试另外1只数码管VD6。

2．红绿灯电路的制作与调试

将VD7～VD18所有发光二极管焊好，注意不要焊反（发光二极管在没有剪脚前，长的一端为正极），同时将每一发光管的限流电阻焊好。

3．紧急通行电路及发音电路的调试

这里所指的紧急通行电路及发音电路的制作与调试，实际就是对两只按键和一只有源蜂鸣器的调试，具体的方法见前文中的介绍。

4．整机调试

将烧录好程序的AT89C51芯片插上（我们提供的芯片中已烧录好程序），由于这个芯片引脚较多，在插入插座时要格外小心，防止其中几个脚折弯。制作好的交通灯控制器模型如图3所示。所有元器件安装好后，通电，可看到两位数码管显示“25”，同时主道亮绿灯，干道亮红灯，然后开

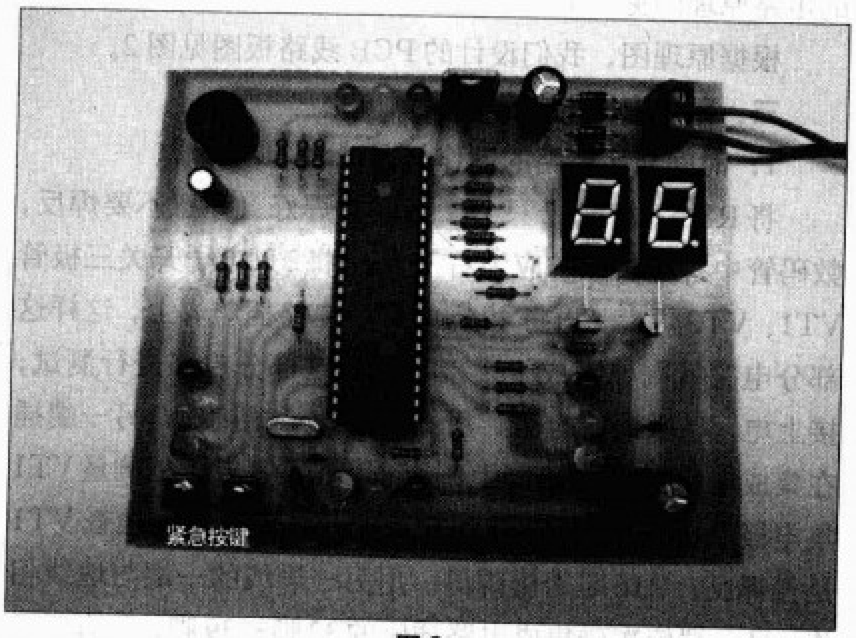


图3

序号	元件名称	型号与规格	单位	数量
1	电阻	金属膜 1/8W 820Ω	只	20
		金属膜 1/8W 2.2kΩ	只	2
		金属膜 1/8W 10kΩ	只	1
2	电解电容	10μF/16V	只	1
		220μF/25V	只	2
3	瓷片电容	30pF	只	2
		0.01μF	只	2
4	晶振	12MHz	只	1
5	发光二极管	φ5红色	只	4
6		φ5绿色	只	4
7		φ5黄色	只	4
8	二极管	1N4007	只	4
9	三极管	9012	只	2
10	三端稳压	LM7805	只	1
11	单片机	AT89C51	块	1
12	集成电路插座	40脚	块	1
13	蜂鸣器	有源5V	只	1
14	接线柱	2位	只	1
15	按钮	轻触	只	2
16	数码管	共阳	只	2
17	线路板	单面敷铜板	块	1

优秀电子课程设计项目集萃

汽车尾灯控制器

文 / 张建平 朱伟娜

一、选题背景

汽车作为现代交通工具已大量进入人们的生活，随着电子技术的发展，对于汽车的控制电路，也已从过去的全人工开关控制发展到了智能化控制。

本设计涉及对汽车尾灯的自动控制，为了演示整个控制效果，这里用6个发光二极管模拟6个汽车尾灯（汽车尾部左，右各3个），用二个开关作为转弯控制信号（一个开关控制右转弯，一个开关控制左转弯）。当汽车往前行驶时（此时二个开关都未接通）6个灯全灭，当汽车转弯时，若右转弯（即右转开关接通）。右边3个尾灯从左至右顺序亮灭，左边3个灯全灭；若左转弯（即左转开关接通），左边3个尾灯从右至左顺序亮灭，右边3个灯全灭；当按下双跳灯开关时，6个尾灯同时明、暗闪烁。

二、设计与分析

从系统所要完成的功能来看，主要是控制6只发光二极管的显示。另外由2只开关作为功能选择，因此，这个系统总的I/O占有量为8只，我们选用AT89C2051作为主控制器。

经以上分析，我们设计出这款汽车尾灯控制器的电路原理图见图1。

根据原理图，我们设计的PCB线路板图见图2。

三、硬件电路的制作与调试

1．显示电路的制作

将R2到R7及20脚的集成电路插座焊上，这样这部分电路就制作完成了。接下来对这部分电路进行测试，接上电源，用一导线一端接地，另一端依次碰集成电路插座的18到13脚，可看到每碰一脚，相应的发光管被点亮，

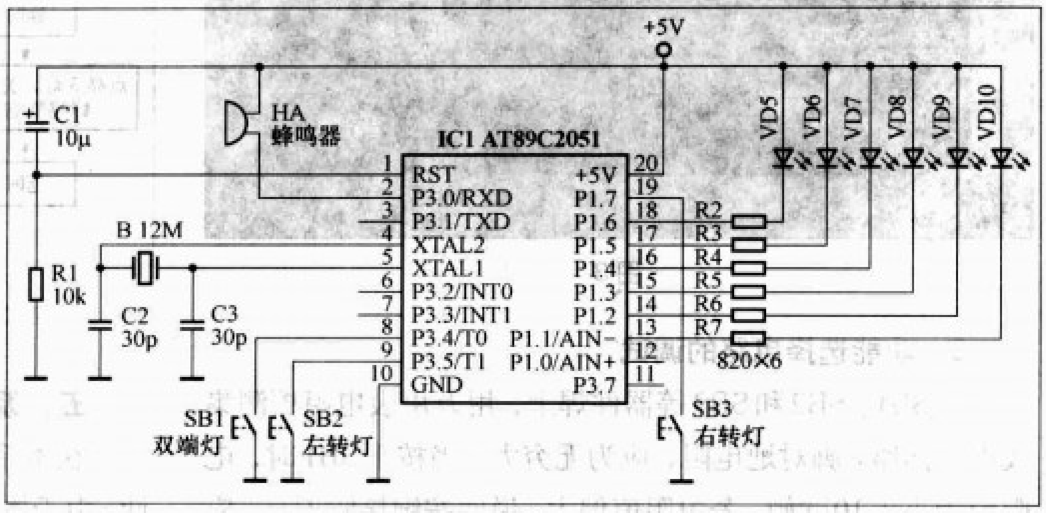


图1

若不亮，查看发光二极管是否焊反。

2．发音电路的制作

将蜂鸣器BL焊好后，通上电源，用一导线一端接地，另一端碰20脚集成电路插座的第2脚，这时可以听到蜂鸣器的叫声，若无声，说明蜂鸣器损坏。

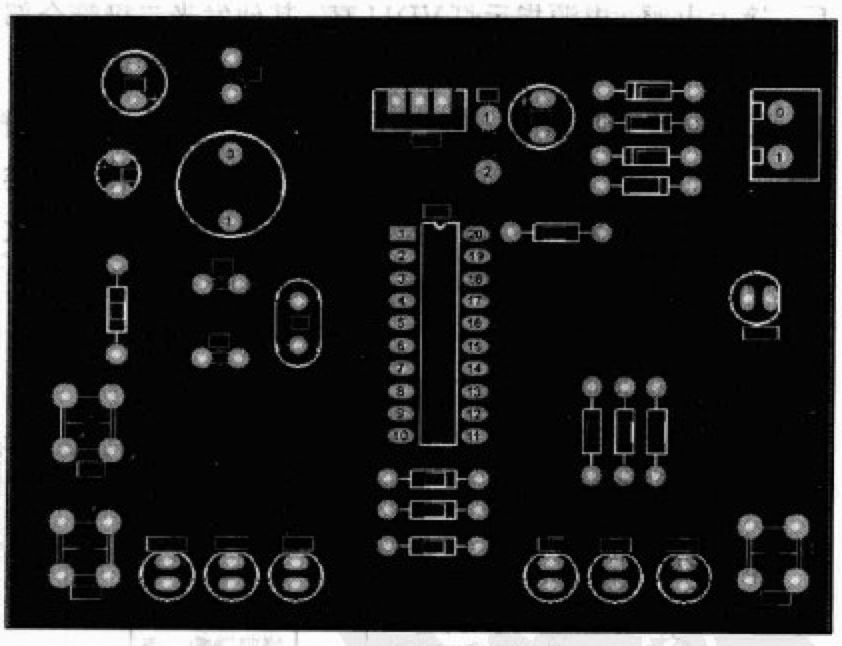


图2

始做时间递减操作。当显示为“05”时，黄灯点亮，同时蜂鸣器每隔一秒叫一声，当计时结束后，主干道通行状态改变，即主道亮红灯，干道亮绿灯，此时两位数码管显示“20”，然后作递减操作，结束后重复前面的动作。当人为地按下紧急通行键时，若按的是主道紧急通行键，则干道亮红灯，主道亮绿灯，数码管从“50”开始倒计时，同理，若按的是干道紧急通行键，则通行的方式与前正好相反。50s结束后，系统自动返回按键前的工作状态。

四、系统软件设计

程序流程图见图4和图5。

五、元器件采购清单

见上一页。

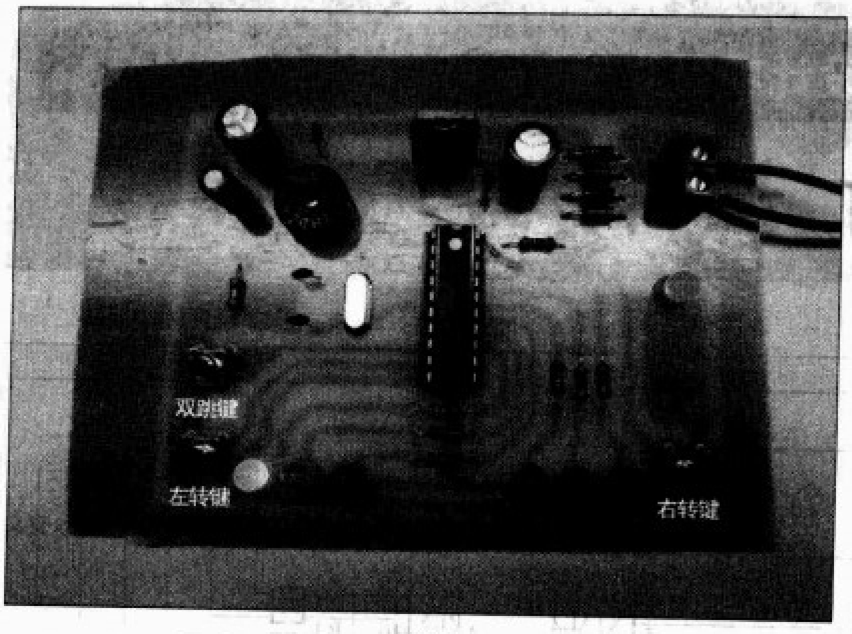


图3

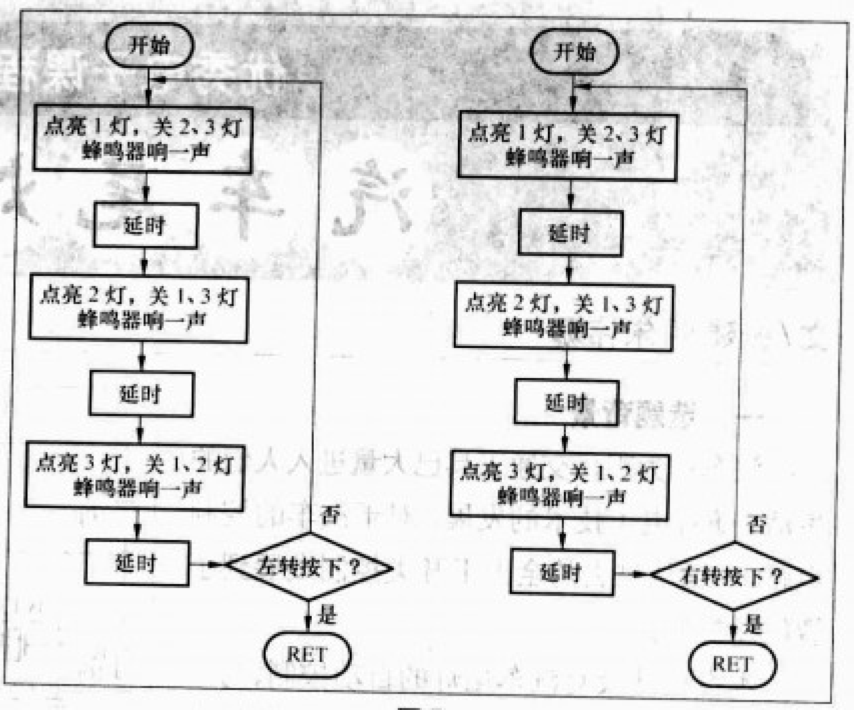


图5

3．功能选择电路的调试

将SB1、SB2和SB3等器件焊上，用万用表电阻挡测集成电路插座8脚对地电阻，应为无穷大，当按下SB1时，电阻应为小于10欧姆，若电阻值偏大，说明按键接触不良，应换一接触良好的开关，用同样的方法测量SB2和SB3。

4．整机调试

将烧录好程序的AT89C2051芯片插上（我们提供的芯片中已烧录好程序），注意方向不要插错。只要元件焊接无误，按以上制作流程操作，装好后就可以正常工作。制作完成的汽车尾灯控制器模型见图3。所有元件全部制作完成后，接上电源，电源指示灯VD11亮，其他发光二极管全部熄灭。按下“左转键”SB2，左边的三只发光管依次循环点亮，每次转换蜂鸣器响一声，直到再次按下SB2，系统退回到初始状态；按下“右转键”SB3，执行过程同左转程序类似；按下“双跳键”，两边的发光管闪亮，同时蜂鸣器间歇式的鸣叫，再次按下“双跳键”，系统退回初始状态。

四、系统软件设计

程序流程图见图4和图5。

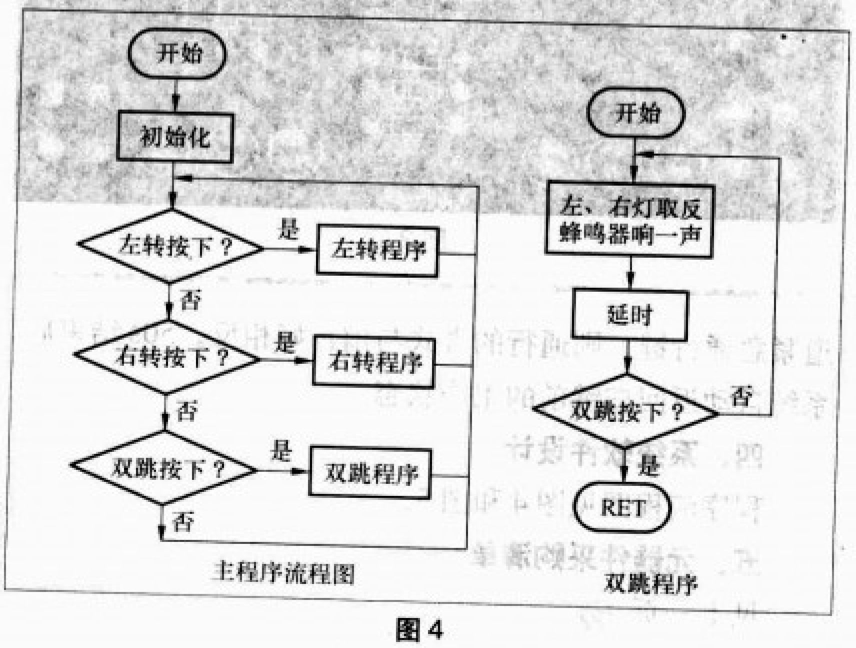


图4

五、系统功能扩展

在本系统中，我们只对汽车尾灯的基本功能进行了设计，由于本制作采用了单片机进行控制，所有的输入、输出设备都是在软件控制下工作的，因此，在不改变硬件的基础上，只要通过软件的设计，可以在原功能的基础上，增加出许多新功能。这里，笔者列出另外几项汽车尾灯控制的常用功能，读者可以结合自己的情况，编写相应的单片机程序，来逐一实现：

1．双跳键功能的复用功能实现

按下“双跳键”，系统为刹车灯状态，两边中间的灯亮，按键松开，灯灭，一直按住，灯一直点亮；

2s内连续按两下“双跳键”，系统进入双跳灯程序；

2．左、右转键功能的复用功能实现

1s内连续按两下该键，系统点亮行驶灯状态，点亮最里面的两只灯；

短按该键，系统为进入转向灯状态，分别对应两边最外面的两只灯闪亮，直到再次按下结束。

六、元器件采购清单

序号	元件名称	型号与规格	单位	数量
1	电阻	金属膜1/8W 820Ω	只	6
		金属膜1/8W 10kΩ	只	1
2	电解电容	10μF/16V	只	1
		220μF/25V	只	2
3	瓷片电容	30pF	只	2
		0.01μF	只	2
4	晶振	12MHz	只	1
5	发光管	φ5红色	只	7
6	二极管	1N4007	只	4
7	三端稳压	LM7805	只	1
8	单片机	AT89C2051	块	1
9	集成电路插座	20脚	块	1
10	蜂鸣器	有源5V	只	1
11	接线柱	2位	只	1
12	按钮	轻触	只	3
13	线路板	单面敷铜板	块	1

利用最少的连线操作LCD1602液晶屏

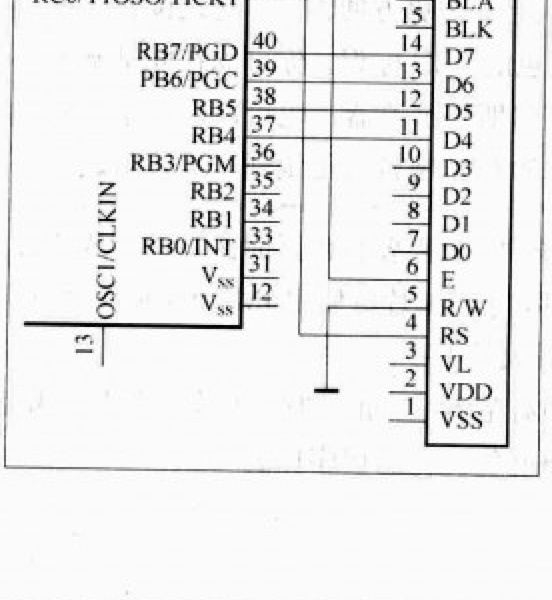
文/张志斌

常用的LCD1602液晶屏有两种数据输入方式8位数据方式和4位数据方式，分别占用8条和4条数据线。一般来讲操作LCD1602液晶屏都用8条数据线和3条控制线，网上和刊物上能够查到的资料基本上都是这样使用的。但是单片机的引脚资源是很珍贵的，所以它的4位数据操作方式显得尤为重要。本人查过了所有能找到的网上的还有刊物上的资料，对LCD1602液晶屏的4位数据操作描述的很少，即便有也是略略带过，或者给出的程序根本就不通。没有办法，笔者只好找出该屏英文的数据手册，自己写出了它的4位数据操作指令流程。为了把自己的劳动成果整理好，也为了方便广大单片机爱好者，便把这份资料寄给杂志社，希望这份资料能帮助朋友们在使用LCD1602液晶屏的时候节约宝贵的时间和精力。笔者采用的PIC16F877A单片机，编程语言是PIC C，提供的程序均经过实际验证，运行良好。需要注意的是，在焊接LCD1602液晶屏的引脚的时候，一定要使用优质的松香和焊锡。焊接完毕之后，再用酒精将焊点清洗干净，因为如果数据线间绝缘性能不好，会影响数据的准确性，造成液晶屏初始化失败。

电路原理

电路连接图见附图，该图是个缩略图，只标出了数据线和控制线的连接方法，其余连线很简单，请读者根据相关资料自己补充上。

根据LCD1602液晶屏的数据资料，它的第三脚（VL）通过一个可调电阻接地，用来调整液晶屏的显示对比度，经实际使用，该电阻一般可以使用1K左右的固定电阻代替，简化电路设计。



单片机采用Microship公司的PIC16F877A单片机，晶振为4MHz。

在电路设计中，大家可以看到，LCD1602的R/W引脚没有接单片机，而是直接接地。在程序设计上，系统不判断液晶屏是否忙，而是通过足够的延时来等待液晶屏完成内部处理，由忙转换成不忙。因为此种设计不用单片机读入液晶屏的状态数据，只需要简单的输出就行了。通过实际使用证明，此种思路能够大大简化单片机的外围软硬件设计。

液晶屏初始化指令序列

很多资料都给出了或详细或简略的指令说明，根据实际使用情况，本资料给出最常用的初始化液晶屏的指令序列。把液晶屏初始化成4位数据操作模式。读者可以根据该指令序列写出相应的汇编程序，本文只提供C语言程序。初始化函数是LCD_init()。

初始化指令序列：

1.液晶屏加电，等待20ms

2.发送指令0x30，并延时5ms。因为只有高四位数据线与单片机连接，所以实际上只向D7–D4四位数据线发送“0011”

3.发送指令0x30，并延时2ms。

4.发送指令0x30，并延时2ms。

5.发送指令0x20，并延时2ms。实际上只向D7–D4四位数据线发送“0010”

注意，此后开始，每发送一个指令需要向LCD1602写两次数据，第一次是高4位，第二次是低4位，详见函数LCD_WriteComm()

6.发送指令0x28，并延时4ms，因为是4位数据线，所以先送0x2X（0010XXXX），再送0x8X（1000XXXX），下同

7.发送指令0x08，并延时2ms

8.发送指令0x01，并延时2ms

9.发送指令0x06，并延时2ms

10.发送指令0x0C，并延时2ms

11.初始化结束

在液晶屏初始化结束后，每次写数据的时候，一个字节都需要分两次写入，第一次直接写入，第二次把数据的低四位移位到高四位，再写一次。液晶屏初始化的时候使用发送指令的函数LCD_WriteComm()，初始化完成之后，向屏发送要显示的内容的时候，使用发送数据的函数

五花八门流水灯

用流水灯显示莫尔斯码时长

文/周正华

大家知道，莫尔斯码的编码就是由一系列的长码和短码组成，按规则，无论速度如何，短码“点”与长码“划”的时长比为1比3的关系。除非经过特殊训练，如仅凭感觉和经验，要较准确地掌握这1比3的时间关系是不容易的，特别是在短短不到1秒的时间段中。因此，对喜欢CW通信的业余无线电爱好者来说，如有一个能显示电码时长的装置，无论是在抄收还是在发报过程中，都可带来许多方便。

一、功能介绍

图1 能显示莫尔斯码时长的流水灯

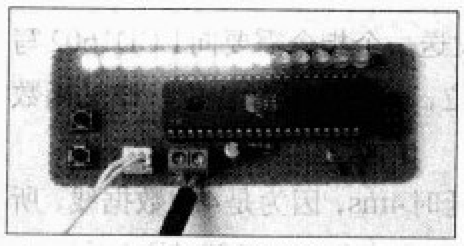


图2 工作状态

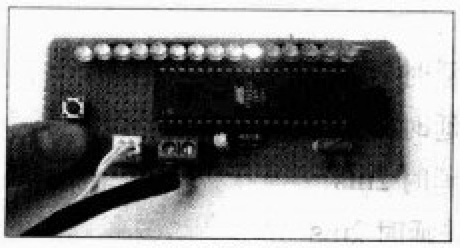


图3 调整状态

图1所示为笔者制作的能显示莫尔斯码时长的流水灯，它采用一排15只LED作为电码的时长指示，通过两个按键（一个“+”键和一个“–”键）可调整显示的反应灵敏度，以适应不同的收发速度。LED分两种显示状态：作电码时长指示时为条状，如图2所示，条形的长短（发光的LED的个数）表示时长的长短，直到下一个码出现时才更新显示；作调整时为点状，见图3，显示点的位置，表示显示反应灵敏程度，显示几百毫秒后自动关闭。

二、硬件组成

硬件系统其实就是在最小单片机系统上添加了两个按键和15只LED。两按键分别接P1.0和P1.1口，电键接P1.2口，15只LED占P0和P2口，由于系统非常简单，不需专门设计制作电路板，直接在万用板上焊接即可。电路原理图见图4。

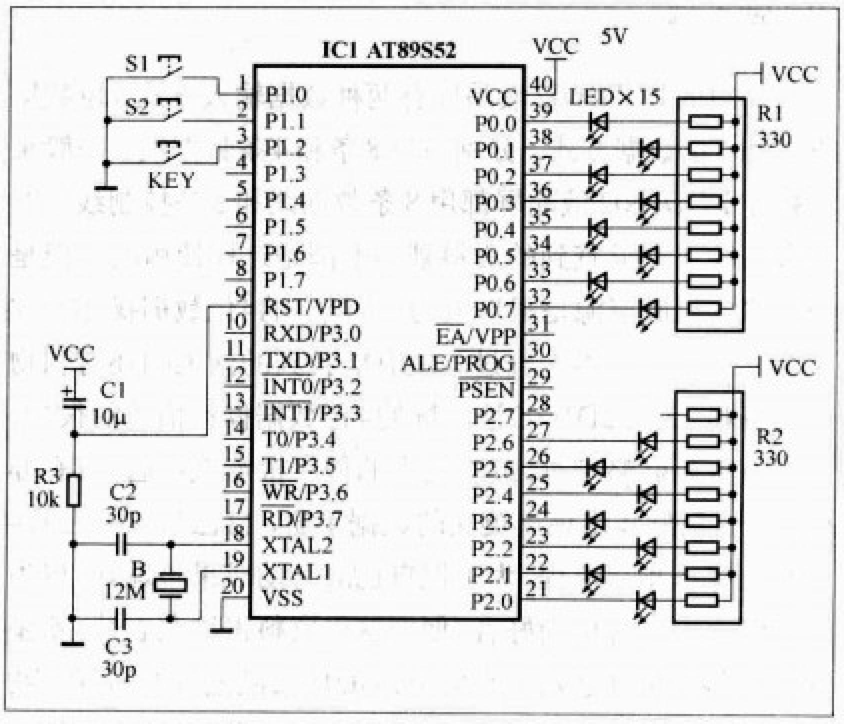


图4 电原理图

三、软件设计

程序并不复杂，但还是尽量模块化，将主程序分为三种状态：1.检测电键，2.检测“+”键，3.检测“–”键，根据检测结果分别进行处理。延时函数和按键去抖函数是几乎每个单片机程序都要遇上的，LED条状显示函数和LED点状显示函数也不复杂，用了位左移运算使程序更简洁些。

完整的C51源程序见本期配刊光盘。

四、功能扩展

本制作设计为15只LED显示，是考虑到莫尔斯码的时长有1、3、5的比例关系。为更方便识别，建议读者根据自己的喜好，用不同颜色的LED标识。你可以在此基础上添加发声功能就成了莫尔斯码练习器，也可以直接添加到你的收发设备中，让你的CW装备真正做到有声有色。

LCD_WriteDate()。

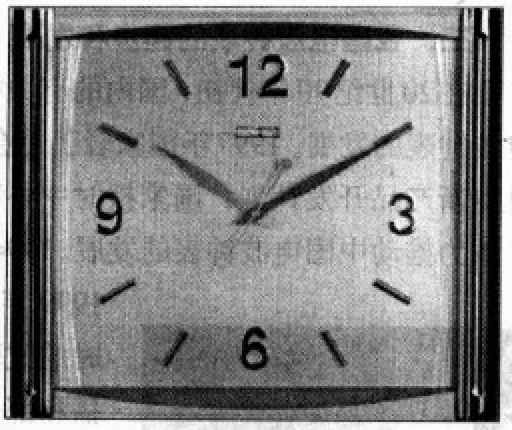
软件编程

在程序中，虽然不需要检测LCD是否忙，但为了程序的扩展方便，程序中仍使用了LCD_NoBusy()函数，在该函数中实际上只有一个延时函数，如果将该程序用在需要检测LCD是否忙的系统中，只需要将该延时函数改写成检测LCD是否忙的程序即可。当单片机使用4MHz晶振的时候，函数delay(1000)延时大约1秒钟。

本期配刊光盘中有笔者编好的程序，供读者朋友参考，相信读者能够写出更好更优化的程序！

编者按：本刊陆续刊登多篇用单片机做的电子钟电路，这些电子钟存在一个比较普遍的问题就是走时精度不高，每过一段时间就会累积比较长的误差，需要校时。今年第4期刊登的《数字钟的自动校时》介绍了利用广播电台的整点报时信号对数字钟进行校时的电路，本期再为大家介绍一种更精确的校时方法，就是用国家授时中心通过无线电波发射的高精度授时信号进行校时。

能自动校时的电波钟表



文/林芝松

一种新型的能接收国家授时中心通过低频载波发播的时码信号自动校时的电波钟表，目前在我国已逐渐得到发展和推广。它的出现开拓了民用计时钟表的新里程，从而使无线电波的发射和接收与寻常百姓的计时钟表结下了不解之缘。图1所示是我国生产的电波钟表。

图1 国产电波钟表

电波钟表

电波钟表，也称为无线控制计时钟表（Radio controlled time-pieces 简称RCT），它是当今世界上具有代表性的高新技术产品之一，它既是一个高灵敏度的无线电信号接收机，又是一台微型自动控制仪，还是一个能够指示时间的钟表。在技术上它集微电子、微处理器、微结构、微功耗、大规模集成电路、现代无线数据传输和数据处理技术等高科技于一身，彻底解决了一直未能解决的每只独立钟表在指示时间上的同步性和精确性问题，实现了寻常百姓拥有与国家授时中心标准时间完全一致，累计误差为零的准确计时的钟表。它无疑是钟表技术上的又一场革命。

一、基本功能和工作原理

电波钟表自身有一套几乎和石英钟表一样完整的走时系统，当不接收电波信号或接收不到信号时，电波钟表自动转换到石英钟表模式当作普通石英钟表使用，只要能接收到一次信号，钟表所产生的走时误差都会被消除，回复到与标准时间同步走时状态。

目前电波钟表的原理方框图如图2所示。

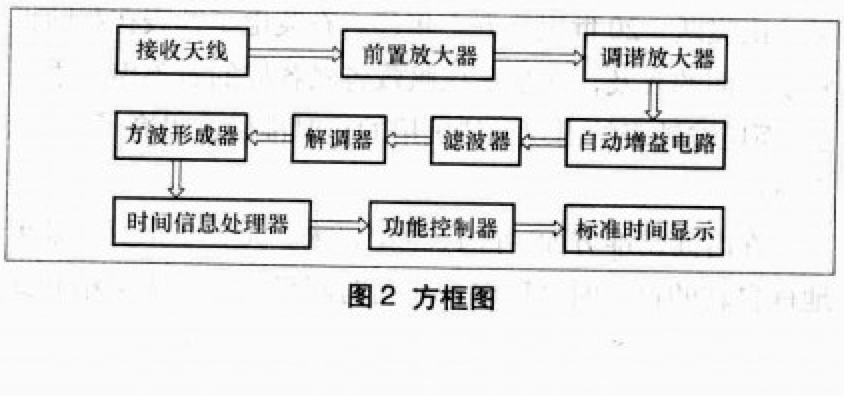


图2 方框图

钟表内置的接收天线从空间感应接收由授时中心发射的实时授时信号，经前端放大器放大后输至调谐放大器进行选频放大，然后进行滤波整形，再滤波，再进行检波调谐，从载波中提取时间信号，即一串有规律的脉冲，再送到数据处理器进行解码解密等变换处理，时间还原后送到显示器进行显示，或由控制机构自动调节钟表计时（行针式），功能控制器进行功能的设置，如闹铃、报时、温度、湿度、语音、倒计时、时间段显示等。

电波钟表设定的自动定时接收信号的时间一般都在凌晨左右，因为这个时段受到其他信号的干扰较少。接收一次信号大约需要时间2分钟～15分钟不等，要看当时所处环境的时间信号的强弱情况。目前我国电波钟表的标准规定，接收一次信号所需的最大时间为10分钟。使用者认为有需要时，可用手动方式进行信号接收，来校对电波钟表的日期和时间。电波钟表的使用方法可参考tv.mofile.com/e5hv1imt。

二、国外电波钟表发展概况

20世纪50年代末，德国就在法兰克福建台，发射频率为77.5kHz，1986年第一只作为商业用途的电波钟诞生，经历20多年的市场推广，德国已进入RCT时代，据有关资料显示电波钟表的销量已超过普通钟表销量的60%。英、美、日、法等国家也大力发展无线低频授时技术的民用化。日本先后建两个发射台，日本西铁城、卡西欧、精工等公司相继推出了电波钟表，RCT产品已占日本钟表市场总量的50%以上。去年8月西铁城在我国市场首次推出11款中国码光动能金属壳电波表，有光就有能量，体现了“环保、技术与美融合”的精品素质。图3所示是一款深受欢迎的运动男表。美国已在最初13kW发射功率基础上，经数次升级后达到

图3 西铁城光动能电波表 AS5010-51W

了100kW，美国市场电波钟表的占有率也有望达到40%。

三、我国电波钟表的起步和发展

在20世纪90年代初，国内的有关机构就已经开始关注电波钟表的发展。1997年国家轻工总会曾将RCT列入国家重点新产品开发计划，国家授时中心和国内外有关企业合作致力推动中国电波钟表的发展。1994年完成可行性论证；1999年建成每天可工作5小时的试验台；2000年完成试播和部分外场测试；2002年3月正式开始了每天6.5小时，分两个时段的低频时码信号发播服务；2006年10月与西安高华科技有限公司合作建设的100kW全固态发射，发射载频为68.5kHz的中国河南商丘低频时码信号发播台破土动工；2007年7月我国BPC商丘发播台建成并进行试播。图4所示是发播台外景图，发射塔高249米。2007年底开始正式发播，每天24小时连续授时服务，这是中国电波钟表事业发展又一划时代的里程碑。高华公司通过与德国、日本等国家的知名企业交流合作，于1999年9月研制成功中国第一台电波钟。经过几年的持续努力，2003年又推出第一款中国制式的威赛世（VICIS）电波表，现已形成了全系列的RCT产品，使我国成为世界上继德、英、日、美之后第5个开始推广RCT技术和系列产品的国家。目前我国电波钟表发展促进会会员企业中除高华公司推出了全系列产品外，还有多个会员企业也都生产RCT产品，如常州精科、东莞洲进、广州富达、济南康巴丝等。图5所示是BB-202款式威赛世电波表。

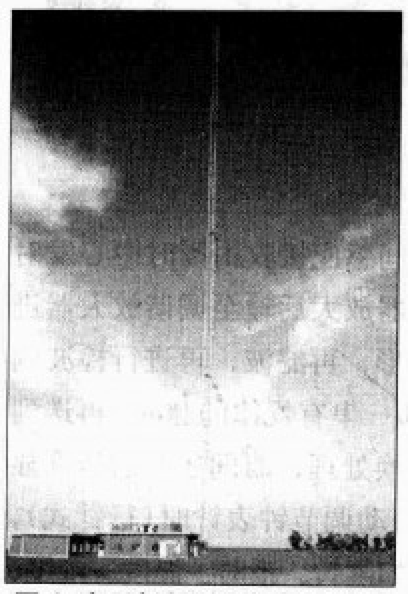


图4 商丘低频时码授时台外景

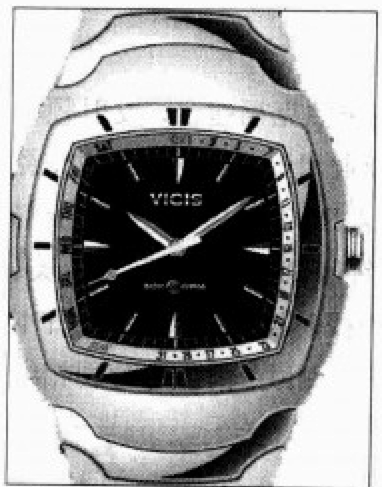


图5 国产品牌威赛世电波表

电波钟表技术和产品，目前在我国还是一项方兴未艾的事业，处于发展的初级阶段，但我们坚信本世纪上半叶RCT产品在我国将得到迅速的发展和普及。

四、电波钟表的几个特征

电波钟表技术系统本身与其他授时技术比较，主要是可以十分经济和方便地获取高精度的标准时间，满足广大民用标准时间的需求。世界各国RCT技术原理相同，但各主要国家关于标准时间信号的通过协议（简称码制）却不同，使得一个国家的电波钟表不能在另一个国家正常接收信号和校准时间。我国BPC时间码是一种加密的商业码，使用这个码要支付一定的费用。德、英、美、日四国的时间信号码是开放的，使用时不要付费。

电波钟表靠无线电波信号传输来实现功能的，因此这类产品都有下列三个先天不足：1.容易受外界环境的影响；2.都会有信号传输死角；3.信号可能会被屏蔽。当然，随着科学技术的进步，信号发射水平会越来越好，RCT产品接收灵敏度也会越来越高，那么上述现象也就会越来越少了。但要完全消除收不到信号的现象，还有很长的路要走。目前RCT产品价位还较高，如西铁城的金属壳的光动能电波表价格为人民币2000元～5000元，国内的非金属外壳的售价也要1100元～4500元。但我们相信随着技术发展，成本的下降，产品的普及推广，价格将会大幅下降。记得20世纪70年代初期的一份报道："机械手表中的高级表售价在100瑞士法朗左右，而市场上出现的第一批钢壳石英电子手表，其售价均超过2000瑞士法朗。美国汉弥尔顿钟表公司出产的《Pulsar》发光二极管数字显示式全电子手表的售价高达8300法朗。"时经十几年后的八九十年代，价格就降为百来元人民币了，甚至几十元、十几元也可买到。

然而人类的计时技术和计时的准确度是伴随着几千年人类社会的发展而得到发展和提高的。

计时

日出日落，月盈月亏，斗转星移，四季交替，早在远古时期，人类在和大自然的相处中逐渐有了"时间"的概念。然而"时间"是最难捉摸的，它看不见，摸不着，但又是客观存在的，既无始又无终，奔流不息。人类对"时间"的研究历史最为悠久，在7个基本国际单位中目前也是测量精度最高的一个基本单位。

史前人就以刻木刻骨来计时。人类的计时经过漫长岁月的沧桑演变，经历了土圭、圭表、日晷等横跨了人类历史数千年的"太阳钟"年代，又经历了水钟、漏壶、更香、沙漏等漏刻计时年代。到17世纪，单摆用于机械钟，摆轮应用于怀表，使计时精度提高了近一百倍。19世纪和20世纪上半叶迎来了机械钟表的鼎盛时期，计时技术和精度得到了长足的提高，而后石英电子钟表的出现，人类的计时技术又一次飞跃。20世纪八九十年代，石英电子钟表在我国得到了全面的普及，连学童也佩戴各式各样的石英电子手表了。而电波钟表的出现又使民用的计时准确度提高了一、二个量级。

在时间基准方面，自17世纪以来，天文学家们以基于地球自转的世界时（UT1）作为时间尺度，每天可精确到

1×10⁻⁹秒。20世纪五六十年代研制出铯原子钟，准确度已达10^{-14}量级，相当于30万年不差1秒的准确度。原子时间计量标准在1967年正式取代了天文学的秒长的定义，新秒长规定为：位于海平面上的铯Cs133原子基态的两个超精细能级间在零磁场中跃迁振荡9192631770个周期所持续的时间为一个原子时（TA）秒。国际上规定以1958年1月1日世界时0时0分0秒的瞬间作为原子时的起点。

随着社会的发展，人类对时间的计量精度越来越高，21世纪的今天出现了高精度激光冷却的原子喷泉钟，最好的已达到1×10^{-15}量级。我国的时频基准装置的准确度：1986年为3×10^{-13}量级，相当于10万年不差1秒；2003年12月24日通过鉴定的新一代时频基准“激光冷却铯原子喷泉”时频基准装置，准确度为8.5×10^{-15}量级，相当于350万年不差1秒，处于国际领先水平。

授时

时间的计量，不仅需要计量时间长度，还要确定计时基点，两者缺一不可，两者的结合就是时间的同步性。

一、世界时、北京时间、协调世界时

为了协调世界各地时间计量和确定地理经度，1884年10月13日格林尼治地方标准时间被采用为国际标准时间，以经过格林尼治的经线为本初子午线，作为计算地理经度的起点和世界“时区”的起点，每隔经度15度划一个时区，全球共划分成24个时区，每个时区里的时间（区时）是统一的，相邻两时区的区时相差一个小时，人为确定了各地的计时基点。1928年将格林尼治平子夜起算的平太阳时作为世界时（格林尼治时间）。北京时间，实际是距北京东约340km的东经120度（东八区）的地方标准时间。如图6、图7所示。

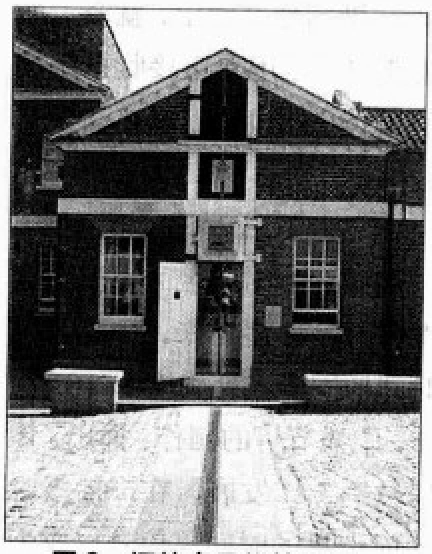


图6　摆放中星仪的屋子，经线穿过屋子中央

图7 格林尼治的本初子午线标志

我们日常所说的北京时间既不是原子时(TAI)，也不是世界时（UT1），而是协调世界时（UTC）。相对于以地球自转为基础的世界时来说，原子时是均匀的计量系统，这对于测量时间间隔非常重要，但世界时时刻反映了地球在空间的位置，这也是需要的，为兼顾这两种需要，引入了协调世界时（UTC）系统。UTC在本质上还是一种原子时，因为它的秒长规定和原子时秒长相等，只是在时刻上通过人为干预，即采用闰秒的方法尽量靠近世界时。最近一次闰秒是2005年年底，实施一个正闰秒。

二、授时系统

中国科学院国家授时中心承担我国的标准时间标准频率的产生、保持和发播（授时）任务，前身是陕西天文台，1966年经国家科委批准筹建。图8所示为目前常采用的几种授时方式。

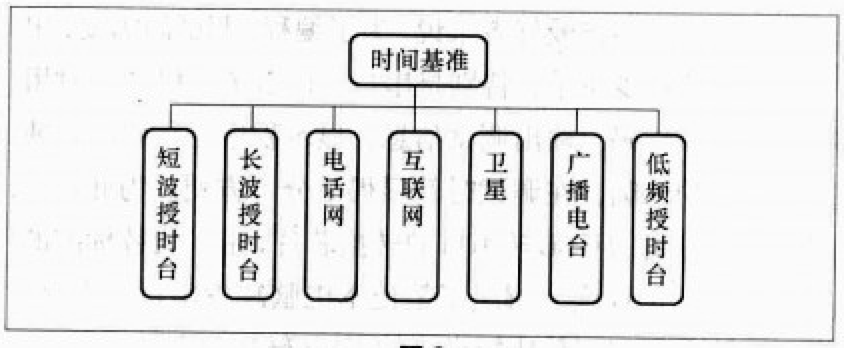


图8

1.短波授时台（BPM）

地点在西安市蒲城县，1981年正式发播，每天24小时以2.5MHz、5MHz、10MHz、15MHz四种载频交替发播标准时间、频率信号，覆盖全国，授时精度为ms量级。协调时（UTC）和世界时（UT1）的标准时号用1kHz标准音频调制载频产生，秒信号长度分别为10ms（UTC）和100ms（UT1），整分信号均为300ms。如NT100BPM短波自动校时标准钟的准确度优于±1.5ms。

2.长波授时台（BPL）

地点在西安市蒲城县，1986年正式发播，是我国微秒量级的高精度授时系统，信号覆盖我国整个陆地和近海海域，发播信号时刻准确度≤±1μs，载频为100kHz，发播时间每天开机10小时，发播8小时：13：00～21：00，如P021全自动长波定时校频接收机是专门用于BPL信号接收使用的设备，准确度为0.02μs。

3.电话网授时

授时同步精度1ms，一次申请时间在1分钟以内，申请完时间后，不影响电话的正常使用。电话授时接收机用6位LED显示时、分、秒，可显示每一次线路时延。设置定时

附表 世界上主要国家民用低频时码授时信号台参数

国别	德国	英国	美国	日本	中国
信号名称	DCF	MSF	WWVB	JJY/JGZAS	BPC
授时台位置	曼福林根 Mainflingen	儒格白 Rugby	圣·考林斯 Fe Conlins	Fukushima Prefecture	河南商丘
频率	77.5kHz	60kHz	60kHz	40kHz/60kHz	68.5kHz
功率	40kW	30kW	100kW	100kW	100kW
调制度	75%	100%	69%	100%	92%
覆盖半径	1500km	1200km	2500km	2500km	2500km

单片机外围电路

常用USB转串口芯片介绍

文/刘 亮

现在笔记本电脑更新速度很快，为了小型化的需求，原来在台式电脑上的标准配置接口（如串口、并口）都被逐渐淘汰，取而代之的是USB这种通用小型的总线接口。对于我们电子制作爱好者来说，为了编程、调试的需要，串口并口可还真少不了，特别是串口。许多单片机调试时用串口来下载代码、输出调试信息、显示程序运行状态，缺少了串口的电脑，在调试时就显得十分不方便。为此，厂商开发了专用的USB转串口的转换芯片，用于代替标准的串口，在一定程度上解决了笔记本电脑缺少串口的难题。在此，笔者介绍三种比较常见的USB转串口芯片。

一、PL2303HX

PL2303HX是一款符合USB1.1标准的USB接口异步串行数据总线转换器，包含六个标准调制解调器控制脚（RTS发送请求、CTS清除发送、DTR数据终端准备完毕、

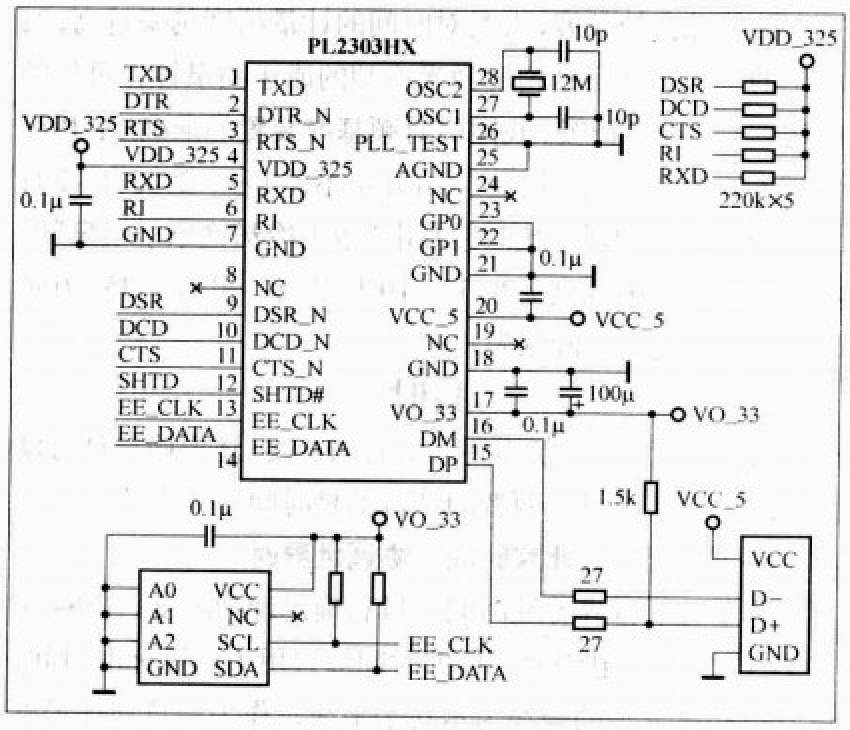


图1 PL2303HX典型应用电路

校准功能，有一个RS232C串行接口。

4.互联网授时

它是通过服务器/客户机的交互方式对精度要求不太高的计算机内置时间系统进行校准，比较适用局域网内各计算机的同步。国家授时中心将"时间精灵"作为一种新的互联网授时手段进行推广，目的是为广大互联网用户提供公益性的、方便的、随时随地的、可靠的北京时间服务。

5.卫星导航、定位和授时系统

目前美国（GPS）系统由24颗卫星组成，定位精确度误差少于10米，俄罗斯（GLONASS）系统由24颗卫星组成（目前运行只有17颗），定位精确度为10米左右。欧盟的伽利略（Galileo），最初规划是30颗，目前最乐观估计是2011年可以开始投入运作，何时完成则无法估计。

"北斗"卫星导航系统是我国具有自主知识产权的卫星定位系统，与美国GPS、俄罗斯GLONASS、欧盟Galileo系统并称全球四大卫星导航系统。前不久，我国已成功发射了第二代北斗导航试验卫星，未来将形成由5颗静止轨道卫星和30颗非静止轨道卫星组成的网络。现阶段的定位精确度为10米，授时精度为50ns。

导航定位的基本概念都是以精度时间测量为基础的，正如有人所指出的，我们人类生活在四维的世界（x、y、z、t），其中一维就是时间，而另外三维的精度确定，就今天而言没有精确的定时也是难以实现的。需用专用接收系统接收卫星导航系统的授时信号，如KSC3100型卫星自动校时钟，其准确度<±1μs。

6.广播电台报时

"嘟，嘟 嘀，刚才最后一响是北京时间××点整"这是中国老百姓再熟悉不过的声音了。20多年来，中国人民依据此拨准钟表，达到全国时间的同步，准确度1/10秒。随着数字技术在我国迅速发展，广播节目的制作、播出、传输已从原有的模拟方式逐步向数字方式发展，在广播报时信号中增加包含有年、月、日、时信息的时间码信号已成为可能和必要。到那时，整点报时准确度优于1/100秒，寻常百姓将拥有每整点都能自动校时的广播钟表了。

7.低频时码授时台（BPC）

国家授时中心和西安高华科技有限公司合作，经一系列的前期工作，已于2007年底，由河南商丘的低频时码连续发播台（BPC）开始正式发播。附表为当今世界上主要国家民用低频时码授时信号台参数。

社会在发展，时代在进步，时间计量技术日新月异，计时已进入了以毫、微秒计量的年代了，"寸金难买寸光阴"，让我们珍惜分分秒秒的宝贵时间吧！

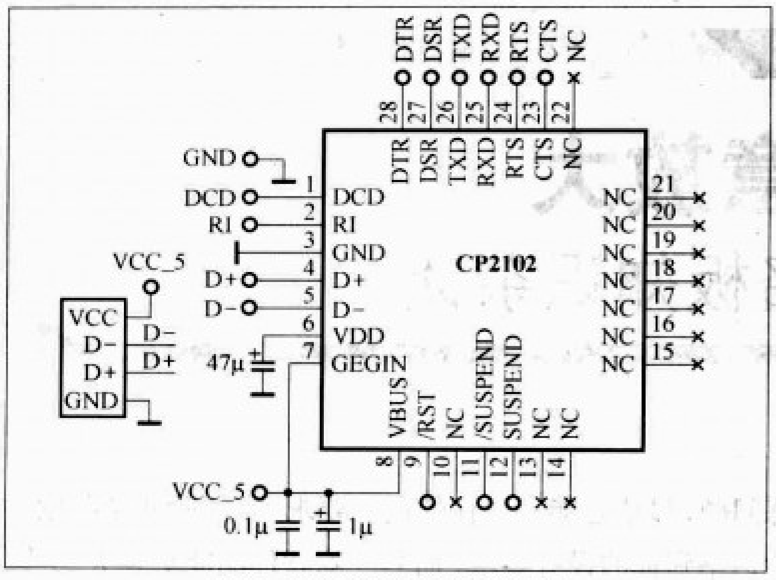


图2 CP2102典型应用电路

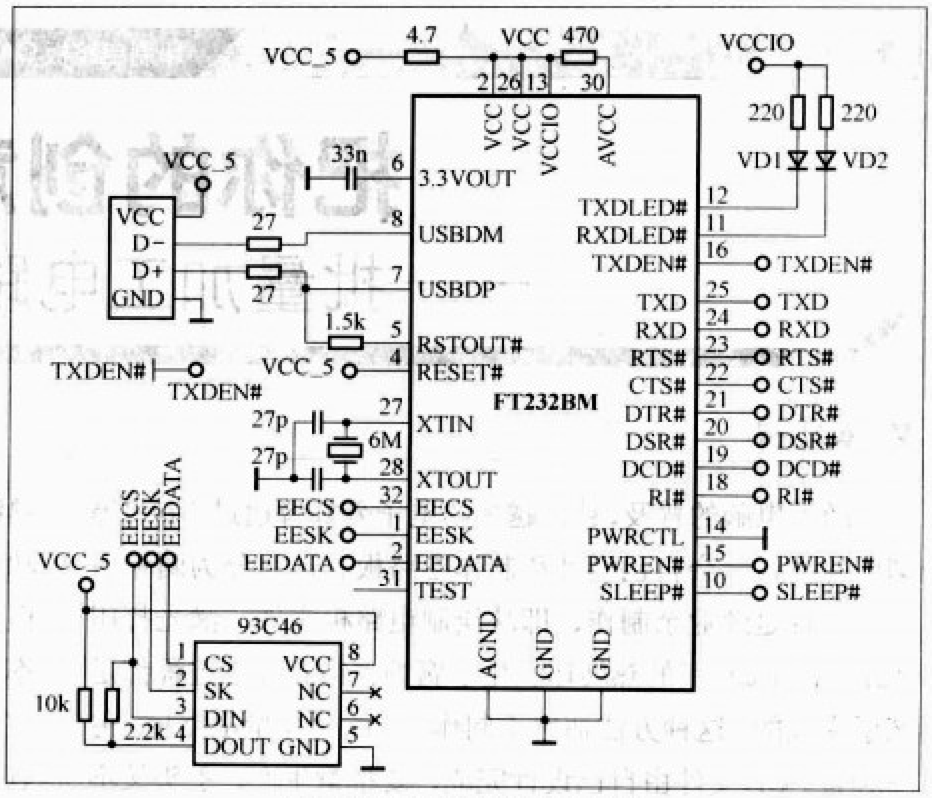


图3 FT232BM典型应用电路

DSR数据准备完毕、DCD数据载波检测、RI响铃指示器)；它的主要特点为：外置RS-232驱动器电源关闭控制；自动清除发送／发送请求的流控制（CTS/RTS)；支持自动XON/XOFF软件流控制；另外，PL2303HX还集成两个综合用途I/O输入／输出脚(GRIO)，方便用户使用。

PL2303HX的典型应用如图1所示。

二、CP2102

CP2102是一款单芯片USB转UART数据转换器，符合USB规范2.0全速(12Mbit/s)，内置USB收发器无需外部电阻、片内时钟无需外部振荡器，因此其最重要的特点就是单片集成转换器所需全部电路，可以在不使用任何分立元件情况下独立实现接口转换功能。另外，它支持所有握手和调制解调器接口信号；支持硬件或X-On/X-Off握手；支持事件状态和线路中止条件。

CP2102典型应用电路如图2所示。

三、FT232BM

FT232BM也是一款单芯片USB转UART数据转换器，符合USB规范2.0全速(12Mbit/s)，兼容1.1，内置USB收发器，配合片外6MHz晶振工作。它提供完整的握手和标准调制解调器接口信号，支持硬件或X-On/X-Off握手，支持事件状态和线路中止条件，支持远程唤醒和电源管理。

FT232BM典型应用电路如图3所示。

在此，笔者对三款常用芯片特点进行了比较，见附表。

从许多使用者的使用情况来看，有以下特点：(1) PL2303HX最便宜，但性能相对于其他两种来说稍差，焊接芯片需要有一定的功底才行；(2) CP2102性能价钱介于两者之间，电路最简单，可实现单片独立工作而无须外部元件，但焊接最不容易；(3) FT232BM的价钱最贵，但性能最稳定，并且驱动支持最好，焊接起来相对也比较容易。当然，具体需要哪种USB转串口芯片，还是请读者根据自己的情况进行选择。

附表

型号	PL2303HX	CP2102	FT232BM
生产厂家	Prolific Technology Inc.	Silicon Laboratories Inc.	Future Technology Devices Intl. Ltd.
封装	28引脚SSOP	28脚MLP	32引脚MQFP
协议规范	USB1.1	USB2.0全速，兼容1.1	USB2.0全速，兼容1.1
传输率	75bit/s~6Mbit/s	300bit/s~1Mbit/s	TTL(300bit/s~3Mbit/s) 232(300bit/s~1Mbit/s) 485(300bit/s~3Mbit/s)
数据位	5、6、7或8数据位	5、6、7或8数据位	7、8数据位
停止位	1、1.5或2停止位	1、1.5或2停止位	1或2停止位
校验	奇校验偶校验无校验	奇校验偶校验无校验	奇校验偶校验无校验
收发缓存	可配置的512byte双向数据缓冲器	576byte接收缓冲器 640byte发送缓冲器	384byte接收缓冲器 128byte发送缓冲器
工作电压	I/O工作电压(VDD_325):1.65V~3.6V USB总线供电:4.75V~5.25V	I/O电压：3.0V~5.25V USB总线供电:4.0V~5.25V	I/O电压：3.0V~5.25V USB总线供电：4.35V~5.25V
晶振	12MHz	内置	6MHz
其他特点	可选择外置EEPROM电可擦除只读存储器以更改客户ID	集成的1024字节EEPROM用于为供应商代码、产品代码、序列号、功率标牌、版本号和产品描述等数据提供存储空间	支持外扩EEPROM用于存储产品VID、PID、设备序列号以及产品描述等信息
*价格	RMB:3.0	RMB:8.0	RMB:18.0

*注：因为价格并不稳定，受市场供需以及需求量的影响，所以这里选取100片的单价，仅供参考。

为方便对照使用，读者可到网上下载三个芯片的原版英文PDF文件，链接如下：

PL2303HX：www.prolific.com.tw/eng/Download-2.asp?ID=17

CP2102：www.silabs.com/tgwWebApp/public/web_content/products/Microcontrollers/Interface/en/interface_matrix.htm

FT232BM：www.ftdichip.com/Products/FT232BM.htm

印制电路板CAD

把你的创意放大
——批量加工电路板知识杂谈

文/黄培根

随着电脑的普及,越来越多的电子爱好者通过Protel等制版软件,学会自己设计和制作电路板。这里分为两种情况:一种是纯业余制作,即从绘制电路板文件、激光打印PCB图、PCB图的热转印、化学腐蚀、钻孔等全过程都是亲手完成的,这种方法适用于制作一、两片少量电路板;另一种是PCB文件由自己设计完成,要批量生产,手头又不具备热转印等设备,需要将设计完成的PCB文件交给专业生产厂家去生产电路板。关于第一种情况,杂志上有许多相关文章作过详细介绍,这里不再赘述。本文要谈的是关于第二种情况,即自己设计完成的PCB文件该如何寻找厂家?要向厂家提供那些设计文件资料?设计PCB文件时要注意哪些问题及目前厂家的制板情况、价格等。在此,不妨谈谈我们的一些粗浅看法和经验,并特地到临近两家小型规模的制板厂车间参观,现将工厂批量生产电路板的工序流程等情况作一介绍,以飨读者,或许对一些准备找厂家批量加工电路板的读者有所启迪和帮助。

哪些制版软件图纸最适合制板厂家加工

先谈第一个问题:即目前国内电子工作者比较普遍选用的制版软件有哪些?这对找厂家加工电路板是有影响的。据我们所知,虽然世界上制版软件众多,但国内用户使用最多的还是原澳大利亚Protel公司早期推出的Protel 98、Protel 99 SE;2002年,该公司更名为Altium公司,相继推出较新的版本Protel DXP和Protel 2004,以及最新的Altium Designer6等;其次,使用美国PADS Software Inc.公司开发的PowerPCB软件也比较普遍;其他的制版软件还有美国Cadence公司的OrCAD和前加拿大Interactive Image Technologies公司的Ultiboard7.0、Ultiboard8.0及现在的美国国家仪器公司(National Instrument)的Ultiboard9.0、Ultiboard10.0等。每个公司推出的制版软件,都有本公司特色,并在实际使用中不断完善,推出升级新版本。具体选择用哪个制版软件最好,很难有唯一的确切答案。这里有几个因素应该考虑,比如软件版本越高,相应对计算机硬件要求也高,占用计算机内存等资源也大。其实每种制版软件对每个人有不同的适应、喜好和熟练问题,只要它能完成你的设计要求就行,除非某些软件功能达不到你的设计要求,而另一款软件功能更强大一些。但其中需要考虑的一个重要因素是该制版软件的市场占有率,也就是说它的普及程度。相对而言,Protel软件在国内使用最普及,早在1988年,Protel公司在美国的高科技硅谷园区设立研发中心,由美国向中国大陆推出Protel for DOS 版本开始至今已整整20年了,它是最早进入国内制版市场的软件之一。改革开放后,电子制造工业迅猛发展,也同时带动了制版行业的快速跨跃式发展,机器化自动插置元件、波峰焊接、电路板生产流水线等新工艺技术和设备的引进,特别是台商在祖国大陆投资办厂,更促进了制版行业和制版软件的多样化,用制版软件PowerPCB、OrCAD和Ultiboad设计的PCB图纸也日益增多。由于Protel软件进入国内市场早、普及率高、资料书籍多且易学,所以国内任何一家制版厂家都能加工生产用Protel软件设计的图纸,这是它的优势所在,包括用Protel 98、Protel 99 SE、Protel DXP和Protel 2004等软件设计的图纸。对于设计者来说,存在因长年使用某个版本软件已经熟练习惯了,不一定就要改用新版本的软件,所以会有许多用户仍延用各种早期版本设计PCB图。用制版软件PowerPCB设计的图纸大部分制版厂家也能生产。其实,一般专业厂家都配有专业人才,凡是你提供的图纸都先经过他们仔细检查和调整处理,若有不妥或不清楚的地方,他们也会及时与你联系。对你来说,原则上不存在一定要用什么软件来设计PCB图和向厂家提供哪种图纸的问题,只不过是厂家接收的图纸以Protel最多和最普遍而已。

寻找哪类厂家批量加工电路板

第二个问题:寻找哪类厂家批量加工电路板比较合适?这个问题相对来说显得更重要。这与你加工的电路板数量大小和质量高低有关,如果你加工的电路板数量大,几万乃至几十万或更多,或是你设计的PCB板线路复杂、工艺要求高,板层超过四层以上,那么你可以去找大型的专业厂家,他们设备先进、技术力量雄厚,制成的电路板质量精良,四层板以上的电路板一般中、小型厂家做不了。如果你

加工的电路板数量不是很多，比如几百片，或是几十片，甚至十片，那你根本不要去找大型的专业厂家，他们是不会理你的。批量小可以找一些小型的制版厂家，虽然这些厂家规模小点，但设备也不见得就很差，做出来的电路板质量也挺不错。他们乐于做量小的电路板，而且加工周期也短，服务态度也会比大厂热情。一般小、中型制板设备投资100万～500万，中型规模制板厂能生产四层板，可见技术和设备也算不错了。

应向厂家提供哪些设计文件及厂家生产工艺

第三个问题：应向厂家提供哪些设计文件？对于批量小、给中小型厂家做的电路板，只要提供规范的PCB设计图就可以了，不需要提供诸如网络表、元件清单等文件。如果是多层板，要提供包括每个板层的PCB设计图。厂家拿到你的PCB图，只要图纸设计正确无误，就根据你所设计的PCB图先将它做成透明有机片的模片，如图1所示。然后通过晒图或曝光的方法，将透明有机片上的图转换到涂有感光胶的丝网上做成模板，如图2所示。

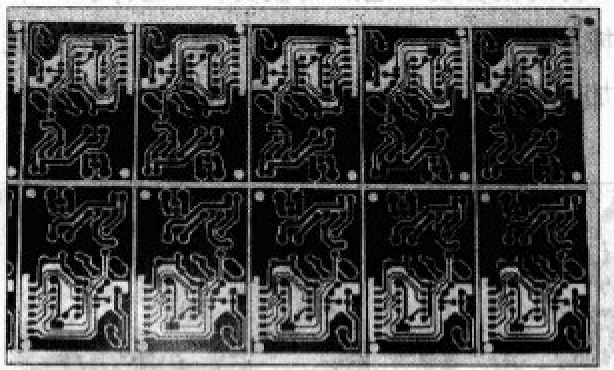


图1 透明有机片

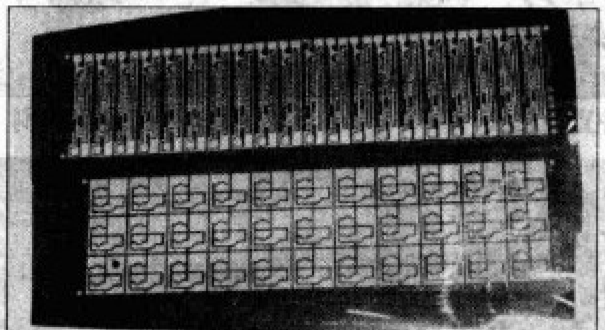


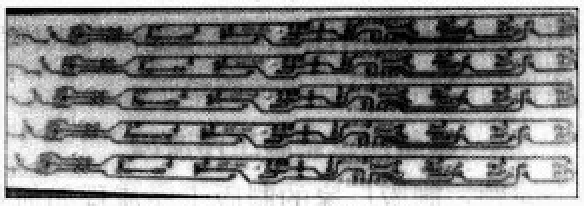
图2 丝网模板

如果说你设计的PCB图和做成的透明有机片是阳图的话，那么丝网上呈现的则是阴图，也就是说，PCB图上画的需要保留的铜膜走线部分，在丝网上面是没有感光胶的透明部分，而PCB图上原来需要腐蚀去掉的铜膜部分，在丝网上面是有感光胶复盖的不透明部分。

有了丝网模板，就可以将敷铜板放到丝网下面，然后通过人工刷漆，将PCB图转印到敷铜面上，这就是以前称电路板为“印制电路板”的来由。这一工艺一直沿用到现在，特别是一些小型电路板厂。中、大型专业厂的这道工序则用更先进的自动曝光机转印PCB图，但基本原理还是一样的。由于自动曝光转印PCB图精度高，更适合于制作多层板和更细的铜膜走线。

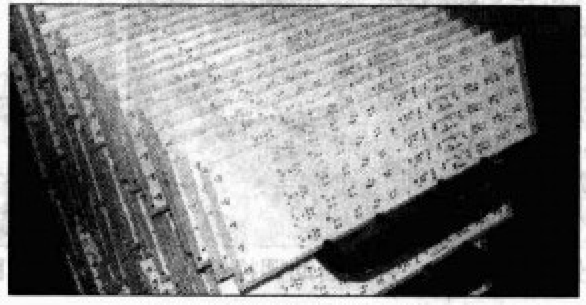
所谓制版费也就是上面讲到的将PCB图做成有机片和丝网模板等的费用。

丝网目数一般在150目～350目，目数越高，印出来的图形和符号文字等越清晰。丝网印刷工艺同样用在印刷阻焊剂、助焊剂、电路板正面符号文字标注等。图3(a)～(c)所示为印刷阻焊剂过程，阻焊剂一般以绿色和白色最为常见。



(a) 待印阻焊剂的电路板

(b) 印刷阻焊剂



(c) 完成后的电路板

图3

丝网模板上的PCB图通过特殊的溶剂清洗后可以反复使用。厂家是按你提供的PCB图纸“照葫芦画瓢”的，也就是照本宣科进行克隆的，所以你在设计的时候，PCB图一定不能有差错。但设计的PCB图不一定完全要按照Protel书上的许多规定，允许你采用一些特殊的线径、孔径、矩形孔和画法等，有必要时和厂家特别指明就可以了，万一有不清楚处，一般厂家也会主动与你联系或修改的。这里顺便提一下，只有电路原理图而不会设计PCB的用户，如果要做电路板，也可以将电路原理图和电路板加工详细要求告诉加工厂，他们也能代理设计PCB，不过要加收设计费用。图4就是一张用户在普通的计算纸上绘制的草图，把它交给小型电路板厂，也能为你加工电路板。电路板厂先将它用扫描

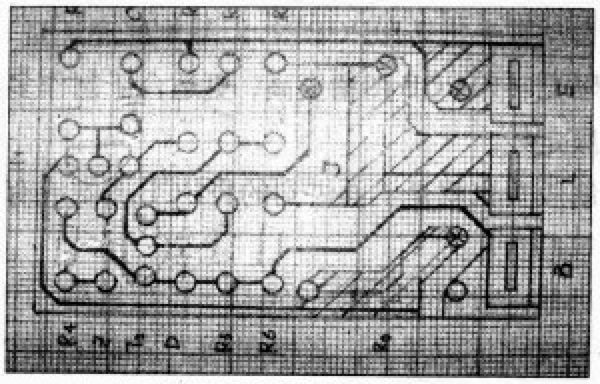


图4 计算纸上绘制的草图

仪进行扫描，然后通过“bmp2pcb”软件就可以将它转换成PCB图生产电路板。所以，向厂家提供什么样的图纸才能加工电路板的问题就显得非常简单了。

制版厂家制版工序流程

第四个问题：制版厂家的制版工序流程如何？制版厂家在进行电路板加工前，一般要对敷铜板先进行预处理，它是在一条长约7m的封闭流水线箱体中进行的，其处理过程如图5所示。

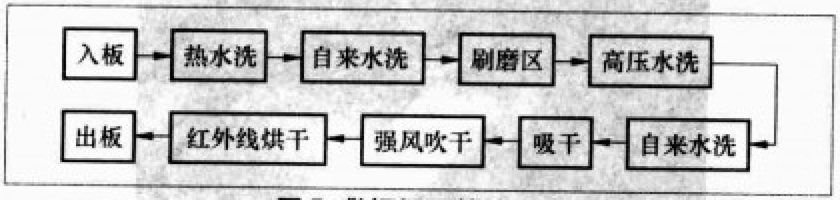


图5 敷铜板预处理工序

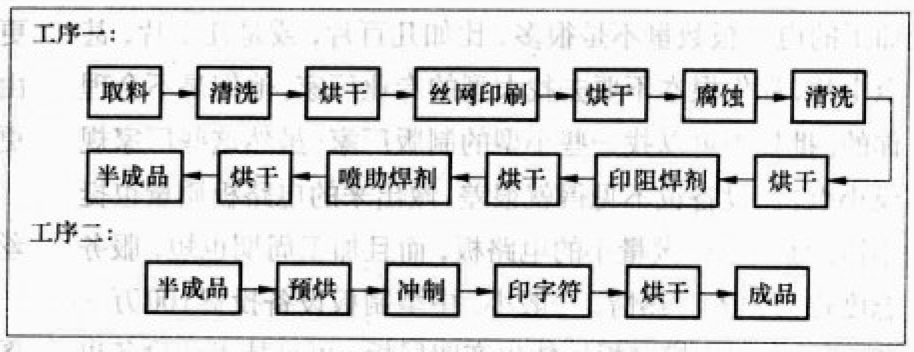


图6 制版工序流程

制版厂家制版工序流程基本上如图6所示，不同的是大型厂家将全部工序安装在一条约十几米长的流水线内进行封闭加工，这边板材进去，那边成品出来。而中、小型厂家有的工序是用机器自动完成的，有的工序则是用人工操作的。

图7～图15为厂家部分加工电路板的照片，供读者参考。

关于加工电路板的费用问题

第五个问题：加工电路板的费用要多少？上面已经提到，厂家制模板要收一定的制板费，一旦有了模板，加工量越多分摊到每片板上的制板费也就越少，价格也就越便宜。不论你加工量多少，一般单面板制板费在二百元左右，双面

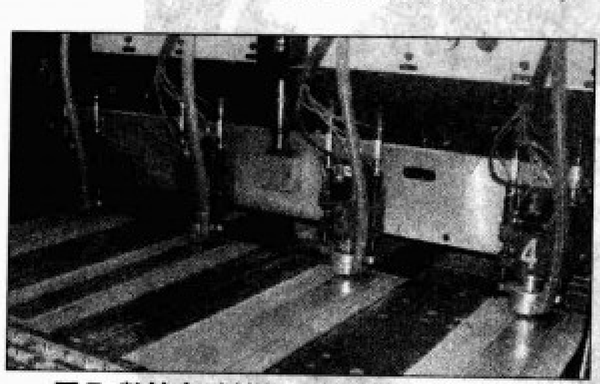


图7 数控自动钻孔，并能自动调换钻头

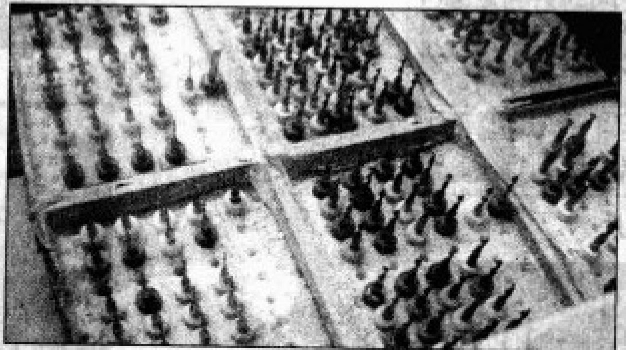


图8 自动钻孔用的各种直径钻头

图9 手工丝网印刷

图10 电路板放入自动腐蚀机入口

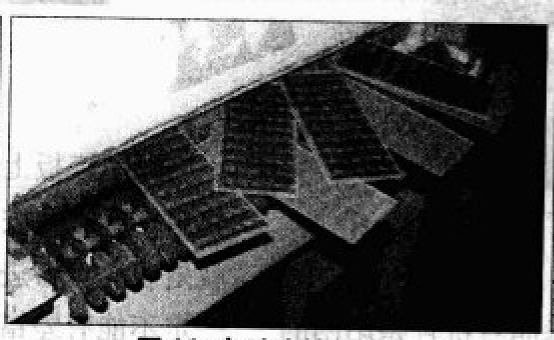


图11 自动腐蚀机出口

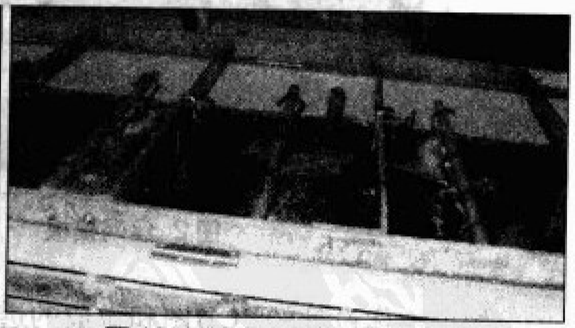


图12 双面板通孔沉铜流水线

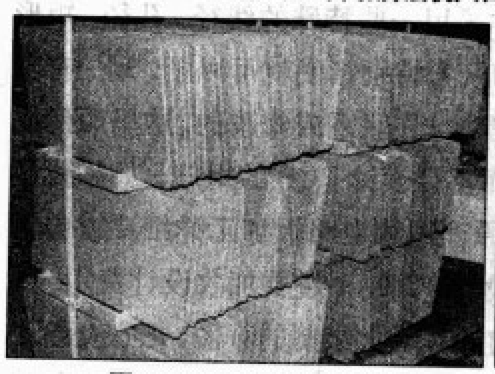


图13 沉铜后的双面板

图14 箭头所指处可见双面板通孔内壁已被金属化

图15 自动检测双面板各通孔质量模具

板在三百元左右，四层板在四百元以上(注：以上价格是笔者所在地区的参考价格，仅供读者参考)。当然，如果加工的电路板特殊、复杂、多层、面积大布线多、孔位多，则制模板费用还要多一点。总的来说，只要制了模板，就加工一片电路板而言，是花不了多少钱的，所以加工量越多越划算。另外，有的厂家以每平方厘米为单位收费，附表所列为某加工电路板厂给出的参考价格。

加工完成的电路板示例

附表

敷铜板品种	板基	每平方厘米单价（元）	
单面板	环氧树脂	0.020	附加工艺：包括印刷阻焊剂、助焊剂、顶层印刷字符、浸银工艺等各另加每平方厘米0.002元。
单面板	阻燃板	0.015	
单面板	纸板	0.010	
双面板	金属化过孔	0.100	

图16是本地一家中型加工厂生产的四层电路板，包括顶层布线、第二层电源布线、第三层接地布线、底层布线，面积约260mm × 140mm，环氧树脂板基。加工10片，共化费2000多元，合每片200多元。加工完成后质量看上去和电脑主板差不多，层间有金属化过孔、印刷有阻焊剂、焊盘镀银、顶层印刷字符等。由于加工数量实在太小，价格比较高一点，若是加工100片以上或更多，那一片也就几十元。但作为科研、教学、试制产品，这样的价格也还是不贵的，花200多元毕竟得到了一张质量上乘的四层板，可解燃眉之急。

图17是单面板的实物，顶层印有元件符号；底层印有绿色的阻焊剂、焊盘表面有助焊剂。

为什么有的焊盘开有缺口

图18是一片加工完成的彩色电视机电路板局部放大图，上面有十个焊盘都设计成留有方向一致的缺口，这是因为

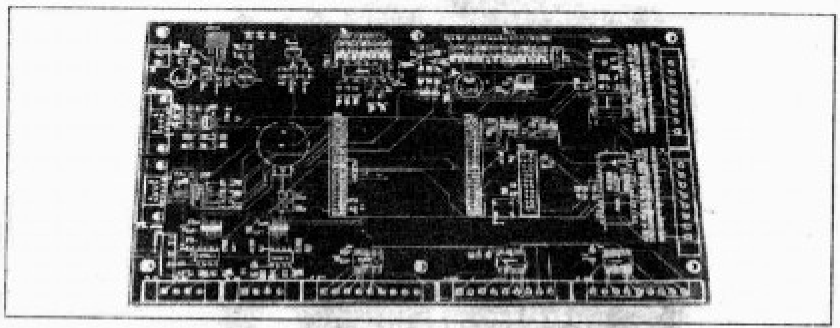


图16 四层板实物

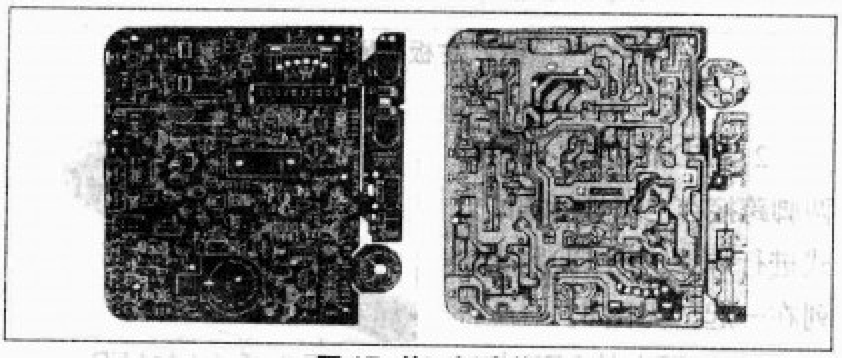


图17 单面板实物

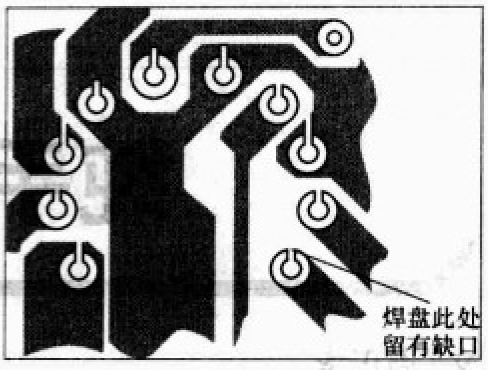


图18 留有缺口的焊盘

彩色电视机的电路板，绝大部分元件都是采用自动流水线焊接的，即用波峰焊接。电路板底层分别涂有阻焊层和助焊剂，当电路板底层缓慢地经过有微小坡度的焊锡熔液面时，没有缺口的焊盘和所插元件引脚就自动上锡焊上了，而这些留有方向一致的缺口，由于没有插上元件，焊锡沿图18垂直方向移过时，由于缺口的存在，而能使这些焊盘上锡而不封口，留作手工补焊大件元件，比如彩电中的行输出变压器等。

印制电路板常用术语中英对照

文/资料室

印制电路板：PCB（printed circuit board）

元件面：Component Side，安装有IC等主要器件和大多数元器件的印制电路板一面，元器件较多，对印制电路板组装工艺流程有较大影响。

焊接面：Solder Side，与印制电路板的元件面相对应的另一面，元器件较少。

金属化孔：Plated Through Hole

非金属化孔：Unsupported hole

阻焊膜：Solder Mask，Solder Resist

焊盘：Land，Pad

元件引线：Component Lead

折弯引线：Clinched Lead

轴向引线：Axial Lead

桥接：Solder Bridging

锡球：Solder Ball

表面安装技术：SMT(Surface Mount Technology)

通孔插装技术：THT(Through Hole Technology)

片式元件：CHIP

波峰焊：Wave Soldering，印制板与连续循环的波峰状流动焊料接触的焊接过程。

回流焊：Reflow Soldering，一种将元器件焊接端面和PCB焊盘涂覆膏状焊料后组装在一起，加热至焊料熔融，再使焊接区冷却的焊接方式。

其他有关印制电路的名词述语和定义参见GB2036-80《印制电路名词述语和定义》。

纯手工打造摇臂LED时钟

文/周正华

看到市场上正在流行的时尚商品——摇臂LED时钟，感觉非常新颖独特，正在玩单片机的我，激起了自己也想DIY一个的冲动。不就是一个流水灯吗？有什么难的？！于是，一个单片机项目就这样开始了。然而动手以后才知道问题并非想象的那样简单，因没有任何现成的资料，机械的、电子的和编程的问题一大堆，一个一个需要自己来解决。经历二十多天的苦战和无数次的修改与调试，作品终于完成，基本达到预先要求。

现将整个制作资料整理出来，与广大DIY爱好者分享。

一、整体方案

本制作是根据视觉暂留原理，让一排8只LED作往复运动，在空中呈现八个字符的显示屏，可显示数字或英文字符。开机后先显示图1所示“Welcome!”欢迎字符，再进入时钟显示状态。显示屏同时显示“时”、“分”、“秒”信息，用“：”分隔，见图2。

图1 开机画面

图2 运行状态

显示分 “正常运行”、“调分”和“调时” 三种状态。当处于调整状态时，调整的项会闪现，以便识别。为此，设置三个调整按键，一个为“状态键”，一个为“加法键”，一个为“减法键”，如图3所示。

摇臂的动力部分采用从废旧硬盘拆下的音圈电机，见图4，驱动采用直流电机驱动方式。

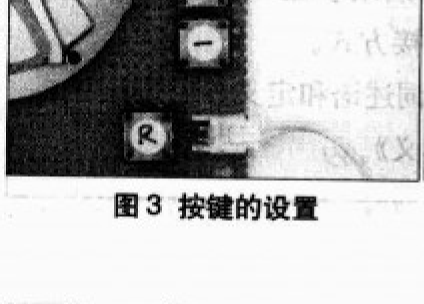


图3 按键的设置

图4 音圈电机组件

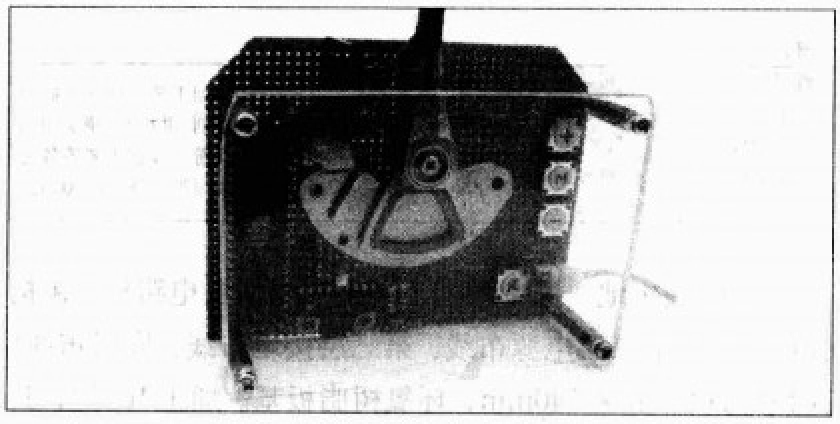


图5 万用板与有机板构成底座

结构方面，将音圈电机直接安装在万用板上，将万用板的四周用四根螺柱与一透明有机板结合成一体，构成支撑摇臂底座，如图5、图6所示。

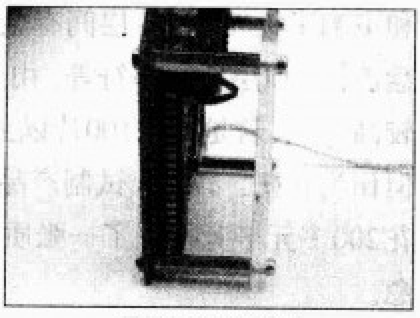


图6 底座侧面

二、实作要点

1．主板的结构布局见图7。

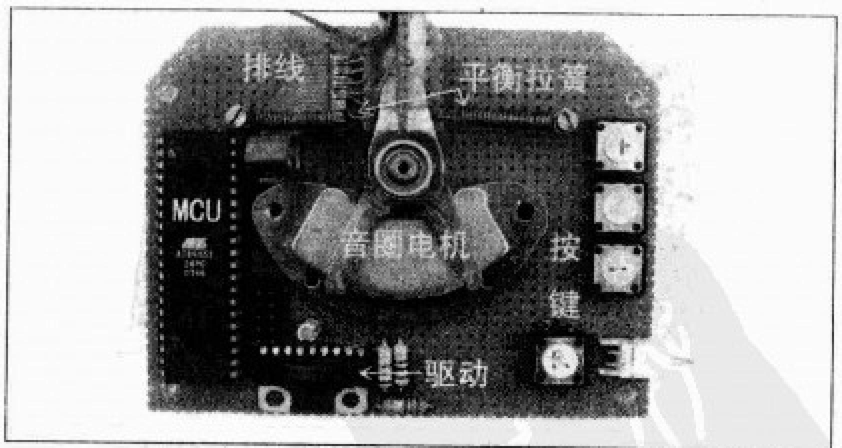


图7 主板布局

2. LED的焊接，将LED两脚跨接在电路板两端的方式进行焊接。使LED紧密排列在一起，见图8。

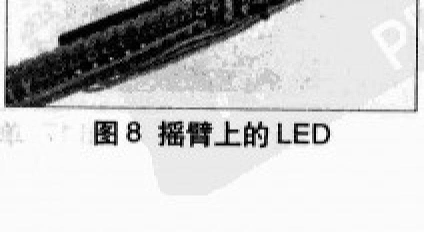


图8 摇臂上的LED

3．摇臂上的LED与主

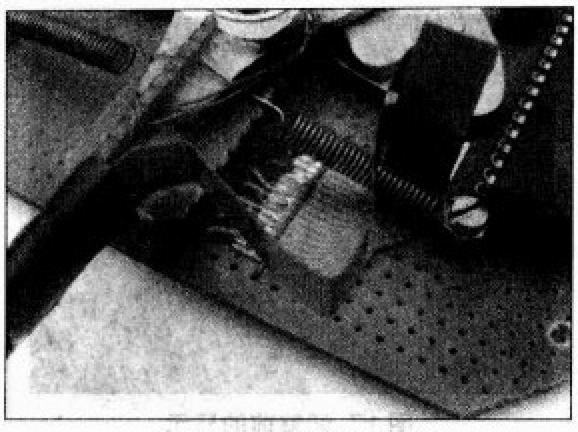


图9 超过11位的排线

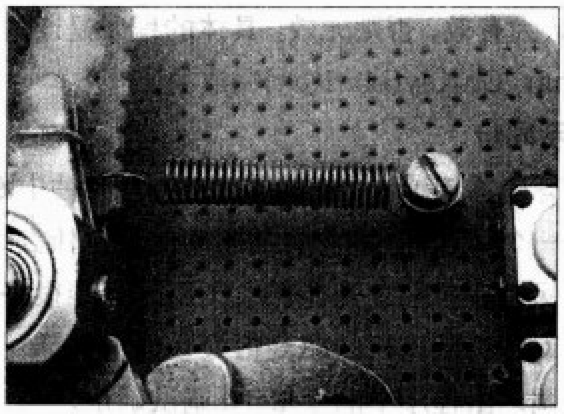


图10 拉簧

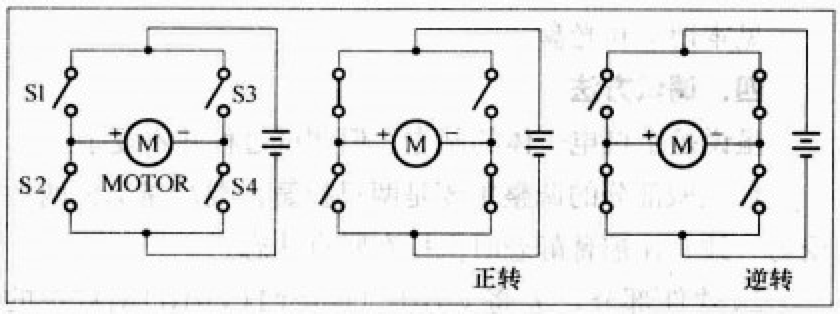


图11 H桥驱动原理

板上的信号用柔性排线连接，音圈电机供电占2位，LED信号传输占9位，所以至少要11位的排线，如图9所示。

4. 为保持摇臂的平衡，在摇臂接近旋转轴的两端加装两只拉簧，这两只拉簧的规格尽量保持一致，弹性强弱要适中，可多找几种规格的试试，见图10。

5. 采用驱动直流电机正反转的方式，驱动音圈电机来回摆动。让电机正、反转的方法很多，最典型的是H桥电路驱动，H桥电路原理见图11，常见的是用三极管代替图中的开关。

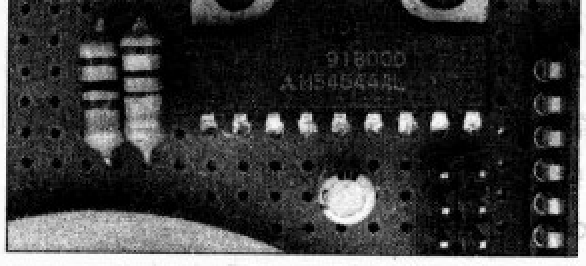


图12 电机驱动IC

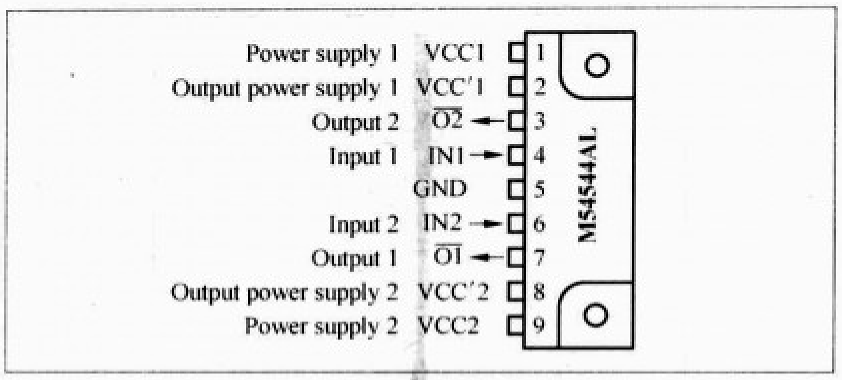


图13 M56544AL 各脚定义

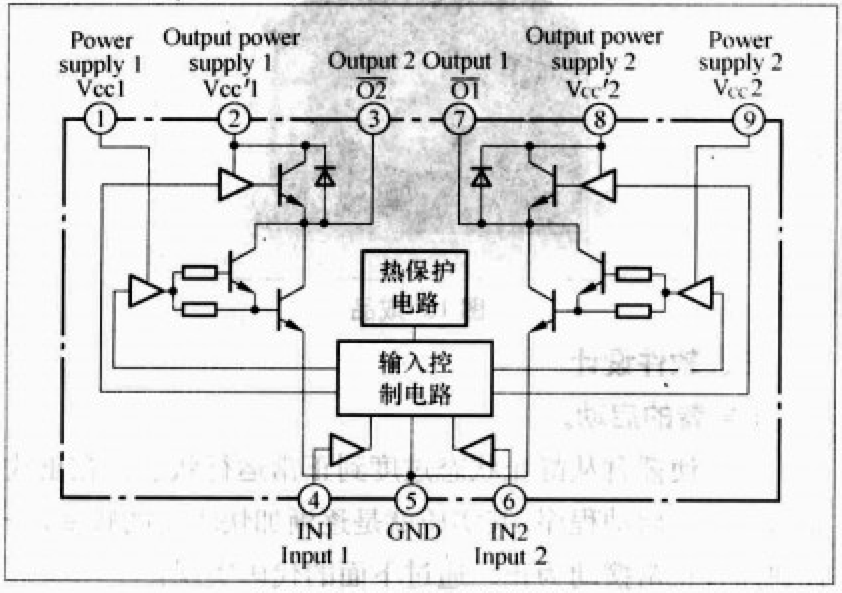


图14 M54544AL 内部框图

为了简化电路，最好采用H桥功能的集成电路。这种IC很多，比如像TA7257、TA8429H、L6203等，这里用的是三菱公司的M54544AL，见图12。IC各脚定义见图13，内部框图见图14。

6. 电原理图见图15。

7. 完成后的作品见图16。

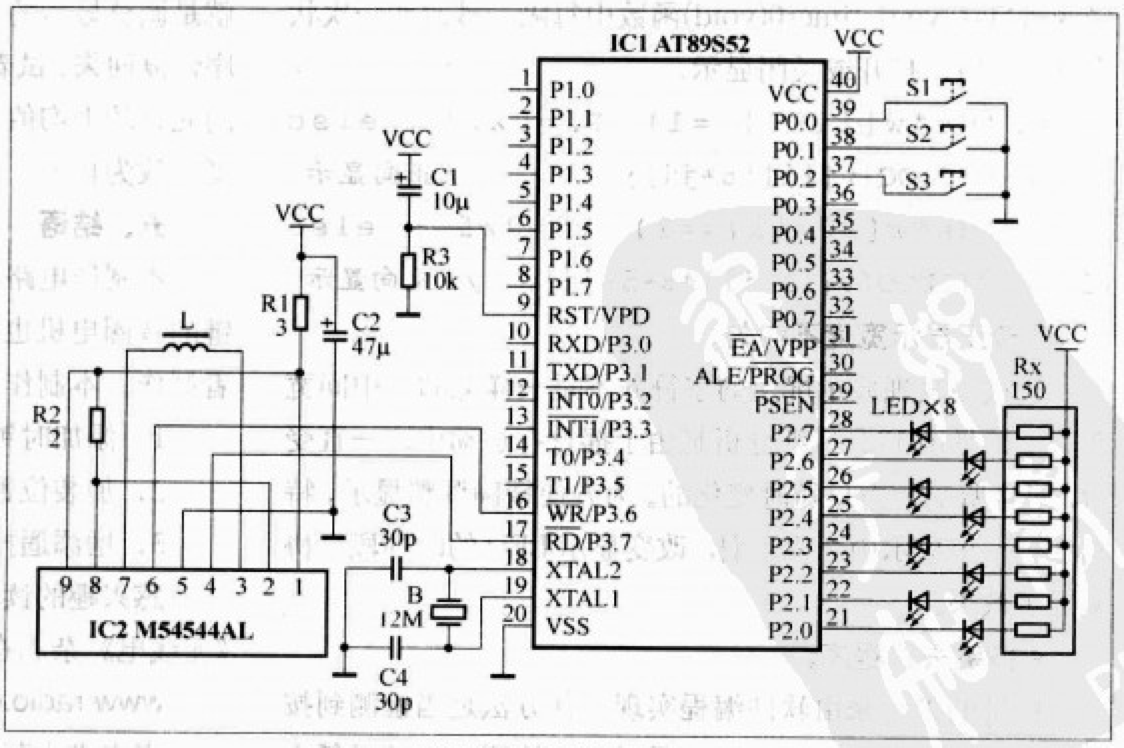


图15 电原理图

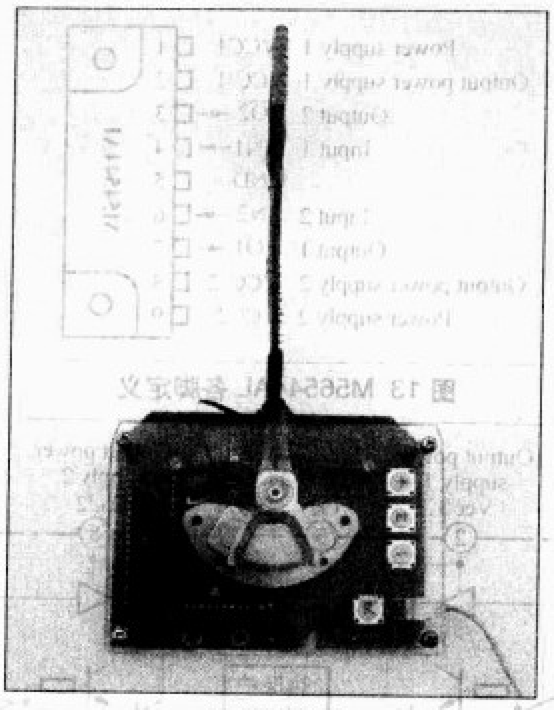


图16 成品

三、软件设计

1.摇臂的启动。

为了使摇臂从静止状态过度到正常运行状态，在正式显示前加一启动程序。其实质就是逐渐加快驱动的频率，一直到摇臂正常摆动为止。通过下面的代码实现：

```
do {
mm++;
Delay(120+mm);
put1=~put1; put2=~put2;
}while(mm<60);
Delay(20);  //根据实际情况确定延时值
```

2.秒闪现的实现。

数字或字符的闪现是通过变量Ms和数组w[]实现的，如需要8位字符中的第4位闪现，则w[3]=1。这是通过全局变量Ms在void timer0(void)函数中每隔一秒改变一次状态（0或1），打开或关闭显示。

```
if(Ms*w[ii-3]==1)  P2=0xff; else
P2=~ASCIIDOC[v[ii]*6+jj];      //正向显示
if(Ms*w[10-ii]==1)  P2=0xff; else
P2=~ASCIIDOC[v[13-ii]*6+5-jj];  //反向显示
```

3.校正显示宽度不均匀。

调试中发现显示屏上的字符并不是一样宽的，中间宽两边窄，见图17。仔细分析是由于摇臂在运动中，一直受力，而且所受的力是随时变化的。为方便精确调整显示，特别作了一个显示中断表Tr[]，改变显示LED的时间段，协调显示效果。

4.按键去抖程序。

按键的去抖采用软件编程实现，其方法是当检测到按键的接口出现低电平后，隔一段时间再检测，如还是低电平，则确认为有效，否则无效。具体的程序是通过函数unsigned char ChKey(bit Key)完成的。

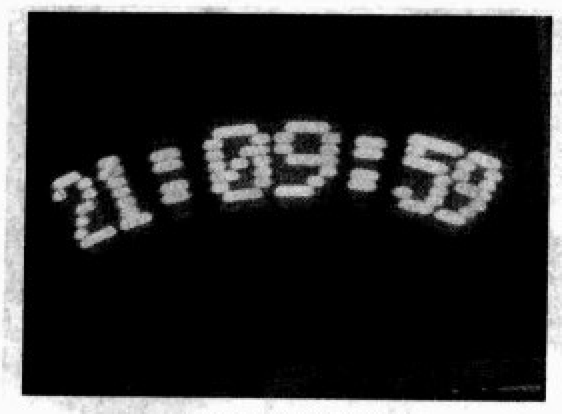


图17 调整前的显示

5.显示同步。

因没有位置传感器，显示同步完全靠时钟中断来确定。这样就有一个问题，音圈电机的驱动信号在什么时刻改变，显示才能保持在中间，并能保证正反显示能很好地重合？经实际观察，音圈电机的驱动信号在显示中部，要根据具体情况细调。由程序中的变量Ta调试确定。

6.完整C51程序代码。

见本期配刊光盘。

四、调试方法

虽说是个机电一体的制作，但调试过程并不复杂。

1.机械部分的调整主要是两只拉簧，要尽量保证两边受力一致，让摇臂静态时保持在竖直状态。

2.软件部分，先将void timer1(void)函数中的“Ti=-Tr[ii*6+jj];”这段程序删除，试着让Ti取一常数值（大约-2000左右）看显示效果（摇臂摆动的幅度），一直到满意为止。这时正反显示可能没有重合，接着试Ta的取值，范围在42到50之间，使正反显示重合为止。最后一步就是调整显示的不均匀性，将“Ti=-Tr[ii*6+jj];”这段程序恢复回来，试着改变Tr[]表中数组元素的值，并保证表中的元素的平均值为开始Ti取得的值，让显示的每个字符宽度一致为止。

五、结语

本制作电路简单，其原理实质就是LED流水灯，而关键的音圈电机也很容易找到，很适合刚入门的单片机爱好者制作。本制作还有可发挥的地方，如：

1．添加时钟IC，使显时更精准，而且不怕掉电；

2．加装位置传感器，增加显示的稳定性；

3．增添遥控功能，使调整更方便。

感兴趣的读者不妨一试。如果在制作中遇到问题，可到《无线电》杂志在线技术论坛讨论、交流，网址为：

www.radio.com.cn/bbs/

点击进入其中的“单片机开发与应用”版块即可。

五花八门流水灯

流水灯显示汉字的改进

文／卫小鲁

《无线电》今年第2期《让流水灯显示汉字》一文介绍的8位动态流水灯，虽然比普通的流水灯多了显示汉字的功能，但还有一些不足，如：

1. 只能显示自编的8×8点阵的简单汉字，字库也很小，显示内容就受到很大限制。

2. 显示换向用手根据摇动方向按下微动开关实现，很不方便，配合不当就会造成显示正反字乱套。

3. 用拨码开关改变显示内容比较麻烦，也不能快速切换。

针对上述缺点，笔者在原有的基础上对它进行了改造：

1. 采用16×16点阵，可以显示笔划多的汉字、符号或简单图形。

2. 扩大了字库，由原来16个字扩大到50（可以到100）个。

3. 每次最多可以显示5个字以下。

4. 用小型水银开关（见图1）检测运动方向自动改变显示顺序，不必再用人工控制。

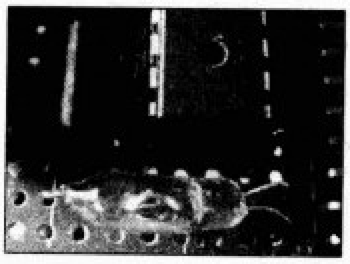


图1

5. 用一个按键实现显示内容的快速循环切换。

6. 增加了一个调试开关，便于调试时从反射镜中观察显示。

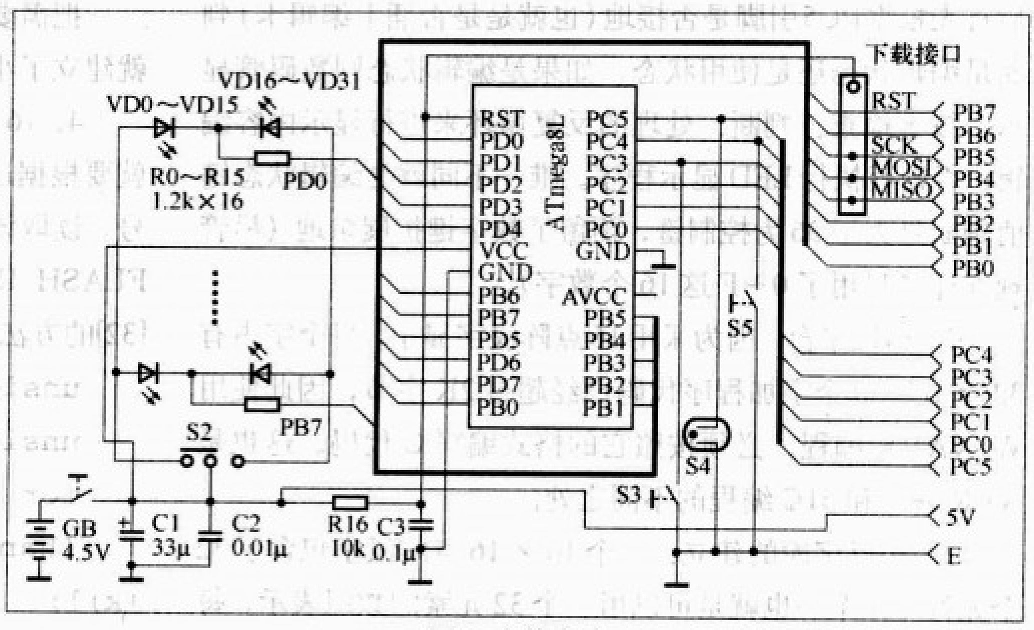


图2 立体电路

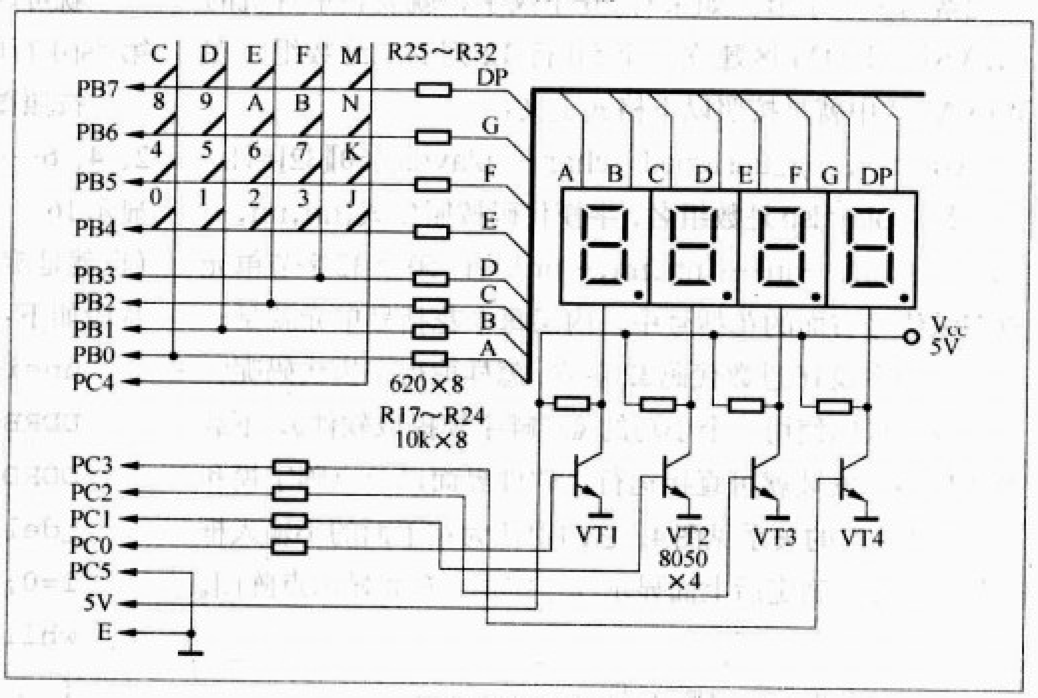


图3 编辑卡电路

任何单片机电路都是硬件和软件的结合体，以下分别对这两方面加以说明：

一、硬件部分

单片机还是采用原来的ATmega8L，它有两个完整的8位I/O口PB和PD，可以同时驱动16个LED；8KB FLASH ROM容纳100个16点阵字库足够；低电压工作和EEPROM也是这个制作所必需的条件。

主体部分电路见图2，其中VD0～VD15是16个红色LED，VD16～VD31为16个绿色LED，均使用直径3mm超高亮管，为了减小总的工作电流，限流电阻取1.2kΩ，结果表明，用电池绿管亮度依然很高，红管稍低，总电流分别是7.8mA和9.7mA，比原来还小。PB口既做显示状态的输出口，又做编辑状态的输出／输入口，这样编辑状态LED也会发光，对工作没有影响。用按键S3切换显示内容，S4为小型水银开关，正向运动时，水银珠离开触针，开关断开；反向运动时，水银珠和触针接触，开关接通。S5是调试按键，接通时正反向运动都显示反字，便于调试时观察玻璃或者镜子中的反射像。

图3是编辑卡部分的电路，基本和原来一样，由PC0～PC3分别驱动VT1～VT4，以及相应的共阴极8段小型数

码管（上次图有误，特更正），PB口和PC4连接矩阵键盘，PB是数字键，PC4是控制键。单片机的PC5引脚通过连接器在编辑卡接地。5V电源输入口现在放在编辑卡上，减少了由它误对电池充电的可能。

二、软件部分

1．程序流程和原先8个发光管的基本相同，也是启动后首先根据PC5引脚是否接地（也就是是否插上编辑卡）判断是编辑状态还是使用状态，如果是编辑状态则数码管显示、按键检查、判断、处理的反复循环来进行显示内容编辑；否则就执行LED显示程序。唯一不同就是编辑状态键值判断是大于36为控制键，预留了数字键扩展余地（尽管现在还是只用了0~F这16个数字）。

2．编程平台：因为采用16点阵汉字显示，每个字占有32字节，50个字加程序代码已经超过2K字节，因此使用WINAVR编程，必须按照它的格式编写C代码。这也是AVR编程和51C编程的不同之处。

3．小汉字库的建立：一个16×16点阵汉字包含了32个无符号字节。也就是可以用一个32元素的数组表示，每个元素为1个字节。如果有50个汉字，就要在单片机的FLASH ROM区建立一个50行32列的二维数组，在WINAVR中就是按照以下格式定义：

const prog_unsigned char playdsp[50][32]={};

其中playdsp是数组名，字模代码按照格式{nn,nn,…nn},{nn,nn,…nn}…{nn,nn,…nn}共计50个32字节单元放在赋值号右面的花括号中，内层每个花括号单元就是一个汉字的字模16进数代码32字节。怎样取得字模代码呢？

我们可以使用一个小巧的《畔畔字模提取软件》，下载解压后不用安装就可直接运行。软件界面以及点阵字模和PB口、PD口的关系见图4。它的用法为在下面的小输入框内输入汉字，确定后上面显示汉字字型，左面显示点阵图。

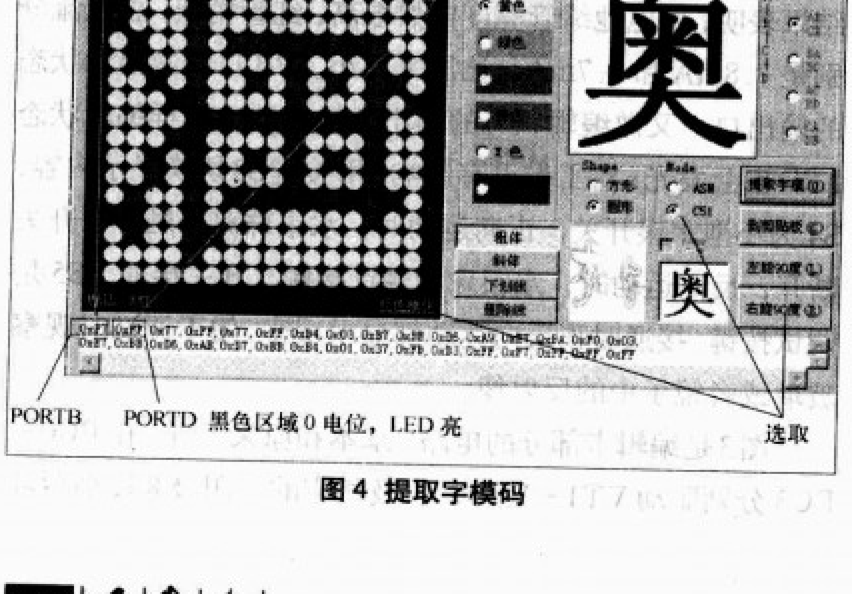


图4 提取字模码

在提取字模编码以前，要把点阵字模右旋90度并选择反色操作（对应于LED阴极驱动），Mode选C51，取模顺序按照默认ABCD，点“提取字模”，下方文本框里面立即显示所需字模。再点“到剪贴板”，然后就可以把字模代码粘贴到源程序字库的相应位置（汉字数组赋值的内层花括号），非常方便，而且还可以自由修改各个笔划，甚至自己造字。

把需要显示的汉字字模代码，一一粘贴到汉字数组中，就建立了小字库了。

4．16个LED的显字方法：要显示字库中的某个汉字，就要根据这个字在字库中的位置号，也就是汉字数组的行号，读取该行32列的元素（字模）。WINAVR中读取以上FLASH ROM数组元素并复制到待显示的汉字数组hanz1[32]的方法是：

```
unsigned char hanzi1[32];
unsigned char k;
for (k=0;k<32;k++)
{hanz1[k]=pgm_read_byte(playdsp[dsp1]
+k)};
```

就可以在待显示的汉字hanzi1取得汉字库playdsp中第dsp1行的字模代码了。

按照图4，PB 口和PD口交替输出汉字字模下标为0、2、4、6……30的元素，和元素1、3、5、7……31，就可以显示16×16点阵汉字了。正向显示，是从第1个字的最左（也就是旋转90度后的顶部）开始到最后一个字最右，程序片段如下：

```
unsigned char i;
DDRB=0XFF;  //PB为数出口
DDRD=0XFF;  //PD为数出口
_delay_ms(20);//换向延时缓冲水银开关换向时间
i=0;
while (i<31)
{
PORTB=hanz1[i];//PB口输出偶数下标字模数组元素
i++;
PORTD=hanz1[i];//PD口输出奇数下标字模数组元素
i++;
_delay_ms(1);   // 每次发光1ms
}
PORTB=0XFF;   // 循环显示完毕后关闭2ms，形成两字间隔
PORTD=0XFF;
delay_ms(2);
```

反向显示就要从PD输出第31元素直到PB输出第0元

素，使得反向运动仍然得到正向的显示字型：

```
_delay_ms(20);
i=32;
while (i>0)
{
i--;
PORTD=hanz1[i];
i--;
PORTB=hanz1[i];
_delay_ms(1);
}
PORTB=0XFF;
PORTD=0XFF;
_delay_ms(2);
```

5. 索引数组的编辑方法：为了每次能显示由不同汉字组成的短句，和上次一样，使用了可以编辑并存放在单片机EEPROM中的二维索引数组eeindex[16][5]，它的行数就是可能显示的短句数目，它每列的元素就是某一短句中相应汉字在字库中的行号。因为现在字库比以前大多了，每次显示的字数由4变成了5，还想利用原来的4个数码管的编辑卡，因此编辑方法改变了。现在的做法是让编辑卡的4个数码管从左到右分别显示索引数组：

1行号（1位，0到F共16个值），2列号（1位，0到4共5个值），3元素十位（0到4），4元素个位（0到9）。

利用编辑卡上的JK键左右移动小数点，用数字键改变小数点所在位置的数值，用N键编辑下一行数据，用M键存入本行编辑结果。通过修改程序，也可以编辑更多的短句（例如35个以上），更大的字库（例如100个字）。

三、制作要点

LED用3mm超高亮管，也可以只用一种颜色的，更加简单。因为使用的发光管较多，因此焊接前最好测试一下以免把个别不良的焊上去了。所用的外径4mm的小水银开关，安装前外面套一小截1mm厚的乳胶管用来保护它的玻璃外壳。然后用小段绝缘线捆绑固定。最好外面再加坚硬外壳，防止万一意外破裂。注意安装方向：水银的位置应该和运动方向相反，程序中是以水银开关断开作为正向。按键S3应该选长柄的，S5用带滚轮的小型限位开关就很方便。如果有条件制作印制板虽然好，不过平行细线很多，单面板恐怕不容易做，用万用板、LED和单片机用细导线连接。全部焊好后仔细检查排除不应有的短路和开路。外观见图5。带上编辑卡见图6。

四、使用

方法和以前稍微不同，插上编辑卡，下载线和5V电源下载程序，然后拔掉下载线，这时4位数码管从左到右显示的0 0 0 0 。用小键盘的方向键J、K向右向左移动小数点位置到需要修改的数码处，用数字键编辑修改，而且程序规定了取值范围。用数字键逐一打入行号（0……F）、列号（0……4）、索引号（十位0……4，个位0……9）。例如0 4 0 1，完成了索引表第0行，0至4列的5个元素值01、02、03、04、01的输入（字模数组位于1、2、3、4、1行的是“你好欢迎你”这几个汉字的字模编码）。完成1行的5个索引号后用M 键存入EEPROM，然后按N键转入下一行的5个索引号编辑。一直顺序进行下去。拔下编辑卡，就可以使用了，打开电池盒背后的开关，发光管闪亮起来，摇动这个玩意儿，美观的标准汉字就显示出来了，按动按钮S3，显示内容就会随之改变。注意，如果开启电源前水银开关处于接通，则通电后单片机误认为进入编辑状态，这时只有PB口8个LED亮，没关系，关掉，换个方向让水银开关断开再通电就行了。采用了16点阵汉字，显示的字形面积扩大了4倍，字高约8cm，字宽随摇晃速度而定。字体也美观多了，能够选择的字更多，摇晃时也不必操心去按下松开换向开关，总之比原来的那个8灯的效果更好、使用更方便。使用效果见图7。你可以做一个给朋友展示，或者去参加演唱会时用，比简单的发光棒高级得多，字库内容可自行修改了。虽然买一个摇棒成品也不贵，可是自己制作使你体会到硬件和软件的结合就能创造出需要的结果。这个东西制作并不复杂，成本也不高，有点基础的爱好者都能胜任制作。从头开始编程是麻烦事，不过这个已经由我做好了，你需要花点时间理解它，看看怎么进一步改进。

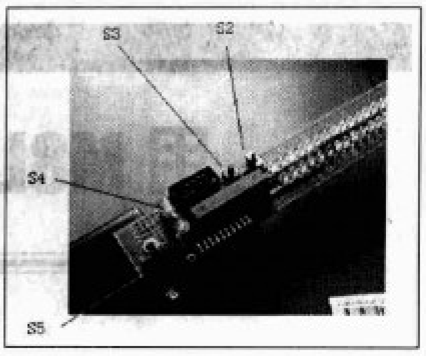


图5 外观

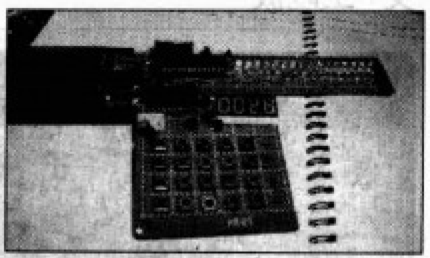


图6 编辑状态

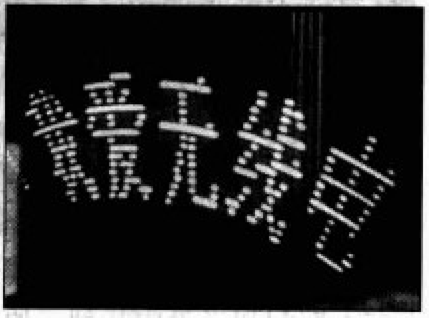


图7

要不是有体积小功能强的单片机，想实现这么个空中刷字的小装置简直不可思议。这里只是给大家提供一个思路，它所用的方法不一定是最好的，但却是通过实验证明的确可行的。如果大家有兴趣制作，不妨想想还有什么高招可以让它使用更加方便、功能更强？显示英文？图案？变光？正反刷出不同文字？那就看你的了。

单片机开发工具DIY

用M8L制作的89S51单片机USB下载线八问八答

文/王晓波

《用M8L制作的89S51单片机USB下载线》一文在2007年第9期刊登后，笔者收到许多读者来信，本文从中选择了具有代表性的八个问题一一进行解答。无论你是初学者还是正在制作的朋友，希望能给你们带来一定的帮助。

1. 电路中用的M8L芯片要写入程序吗？

这个是当然了。你刚买的M8L只是一块空片，没有程序，是不带任何功能的。它并不是一块特殊功能的集成电路，而是一块与51一样的，需要编程才能使用的单片机。如果你是一个AVR单片机的初学者，建议先看一下M8L的手册，了解一下它的引脚定义，这样会方便你以后的制作。

2. 原理图、原程序代码和PL2303的驱动程序以及用到的相关软件能在光盘中找到吗？

为了便于读者的学习和制作，关于原程序代码、烧写文件以及原理图都可在本期配刊光盘中找到，原理图除了有图片格式外，还有Protel 99 SE生成的DDB格式文件。需要的请用Protel 99 SE打开。

用到的软件读者需要自行从网站上下载。由于网站更新速度很快，笔者提供的仅仅是最近的能够下载到的网页，如有更新，请读者另外查找可下载网站。

Easy 51Pro V2.0宇宙版下载地址：www.mcustudio.com/download/soft.asp?id=103。

双龙SLISP V1.6版官方下载地址：www.sl.com.cn/Down.asp?NewsID=741&BigClassName=资料下载&SmallClassName=软件&SpecialID=。

PL2303HX驱动程序下载地址：www.willar.com/down_view.asp?id=327。

4. 我现在手头上没有7.3728MHz的晶振，请问能不能用其他型号的代替？M8L据说有内部RC，能使用内部的吗？

如果使用光盘中的烧写文件，晶振的参数必须是7.3728MHz，否则下载线就没法与电脑正常通信了。M8L内部RC有1MHz、2MHz、4MHz和8MHz等4种频率参数可供选择，是可校准的，但精度较低。为了可靠通信，提高抗干扰能力，建议使用7.3728MHz晶振，这样可使波特率的偏差接近于0%。

3. 电路图中的ISP下载口是一个什么集成电路？我看别的下载线有4条信号线，这里是怎么对应的？

ISP下载口并不是一块集成电路，而是目标单片机S51与下载线之前的一个接口插座。双龙公司给出的两种接口方式，如图1所示。

笔者习惯采用后者接线方式。下载线有4条信号线，分别是MOSI（串行数据输出）、RST（复位信号）、SCK（串行时钟）和MISO（串行数据输入）。另外两条线是VTG（电源正极）和GND（电源负极）。给单片机下载程序时只需将对应的引脚连上即可。图2所示是笔者制作的目标单片机的接口板。通过跳线，能够写51、AVR。黑色的十针插座即为ISP接口。有缺口方向的一侧接线依次为MOSI、NC、RST、SCK、MISO。

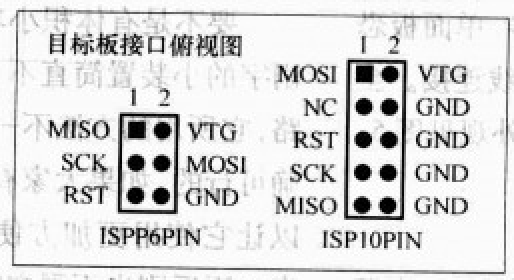


图1

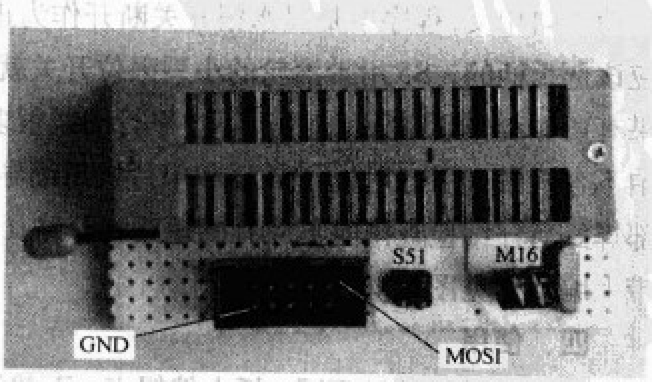


图2

5．PL2303HX是28个引脚，USB接口为4条引线，请问PL2303HX与USB接口怎么连线？

笔者当时发表文章时提供的是PL2303HX模块，在郑州的一家公司买的，如图3、图4如示，后来发现这个模块在市场上并不多见。

双层板的制作：该模块很小，因此正面安装PL2303HX、2个电容和3个电阻，背面安装1个12MHz的贴片晶振及2个20pF的谐振电容，2个电源滤波电容和2个上拉电阻。元件很少，制作起来很容易。

PL2303HX的原理图如图5所示。

值得注意的是：笔者提到的芯片是PL2303HX而非PL2303。虽然PL2303HX和PL2303功能基本相同，但引脚不同。另外，PL2303已停产，在市场上不多见。所以读者在买器件时一定要看清楚，PL2303用我这个电路是不适合的。PL2303HX为28脚贴片SOIC封装，工作频率为12MHz，符合USB1.1通信协议，可直接将USB信号转为串口信号。波特率从75到1228800，有22种波特率可供选项，支持5、6、7、8、16共5种数据比特位，是一款相当不错的USB转串口芯片，可完全代替电脑上固有的串口，同时支持热插拔，不会损坏主板，很适合笔记本没有串口的用户。另外，PL2303HX在市场上很容易买到，价格在5元左右。

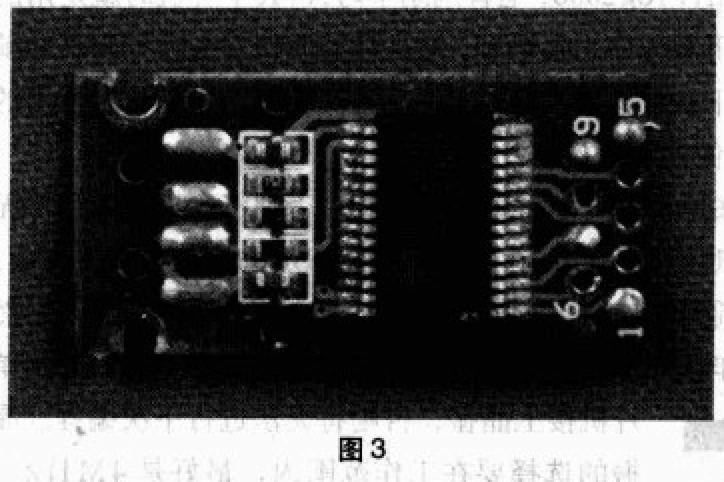


图3

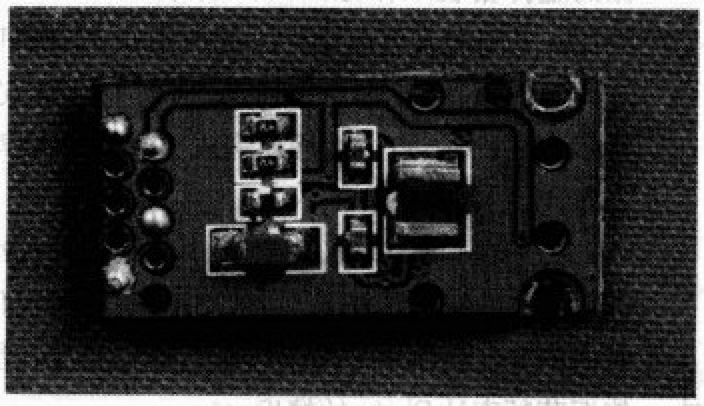


图4

笔者也做好了PL2303HX的实验电路，如图6所示。虽然它的封装很小，在万用板上很难搭接，不过用热转印的方法来制作PCB板还是完全可以的，笔者就是这样做的。关于用热转印的方法来制作PCB板，笔者在这里不再说明，请读者查阅相关的资料。

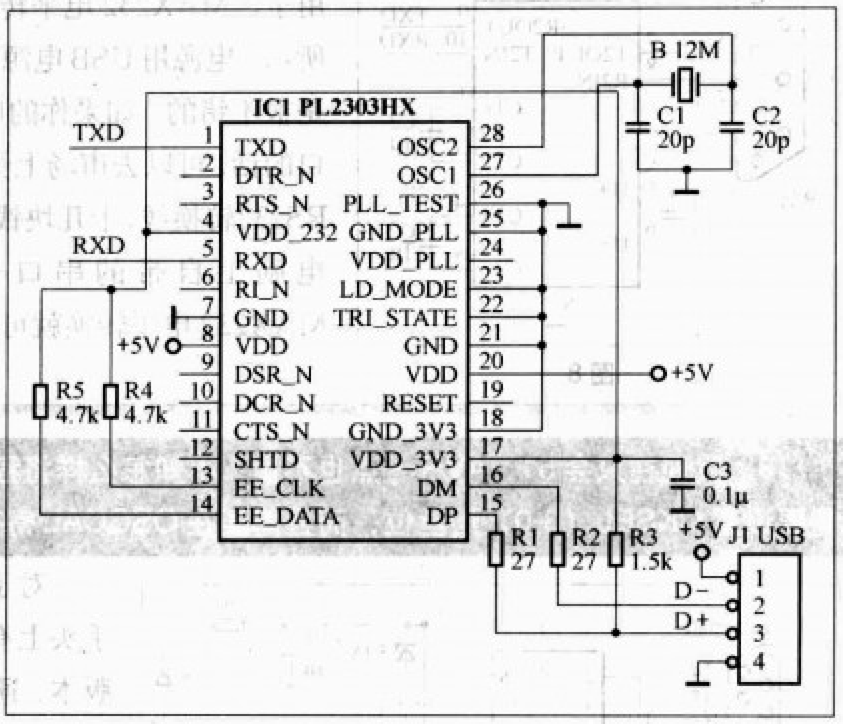


图5

值得注意的是：读者在制作时，要完全按照图5所示的原理图来做，元件的参数不要随意更改。R3的阻值不要偏差太大，在1.2kΩ到2kΩ之间。C3这个电容不可少，否则电脑无法识别器件。测试时，将TXD和RXD接在一起，然后通过串口调试软件发送数据。如果能够收发送数据，说明PL2303HX测试已经成功。为了方便读者的制作，光盘中有笔者制作的原理图及PCB图。

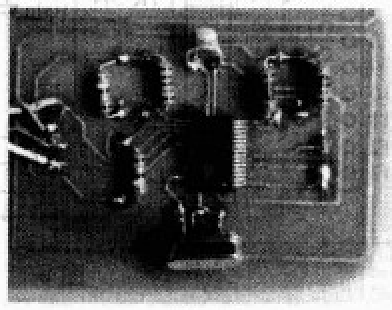


图6

USB接口的接线图如图7所示，将有两个方孔的一面朝向自己，内部4个接线端子从左向右依次为VCC、DATA−、DATA+、GND。如果4根接线的颜色不是红、白、绿、黑，则需用万用表测量区分4根线的顺序。

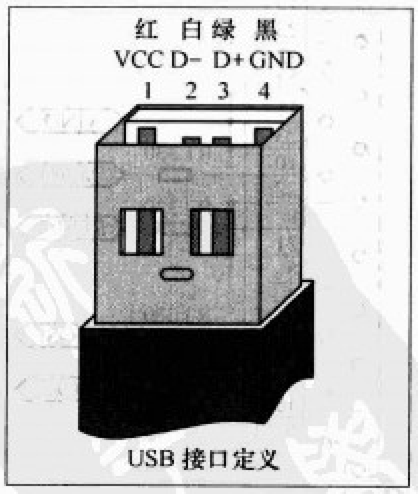


图7

6. 芯片 PL2303HX 能否用其他芯片代替？

当然可以，市场销售的USB转串口芯片很多，价格不一。如CP2101、CP2102和FT232等。PL2303HX是一款比较廉价的芯片，可支持多种波特率。另外，不用USB转串口芯片也行，如果你的电脑是台式机的话（绝大多数都支持串口的），找一根串口连接线，经过MAX232电平转换就可用了，MAX232电平转换电路如图8所示。电源用USB电源供电，这样也是很不错的。如果你的电脑上没有串口的话，可以去市场上买一条USB转RS232转换线，十几块钱就能买到。与电脑上自带的串口一样，经过MAX232电平转换就可以了。

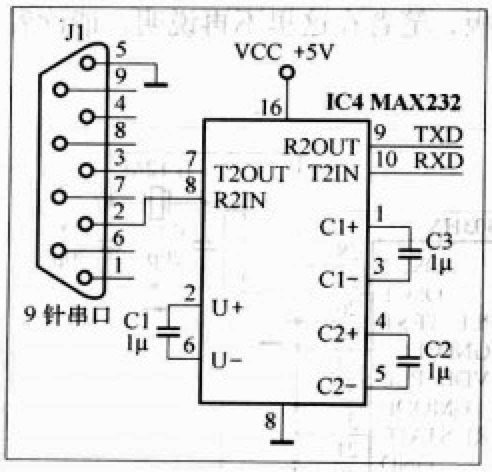


图8

7. 我的电脑可以识别但却是COM5，我把下载线又拿到单位实验识别的是COM3，在使用Easy 51 Pro下载软件总是出现串口初始化失败。

经过USB转换的串口线会因你插入不同的USB口而识别出不同串口。比方说同一台电脑，插入第一个USB口识别出的串口是COM3 ，当你在换另一个USB口时就不再是COM3了。因此，当你使用USB转换的串口线时，记得查询当前使用的USB口所对应的串口，然后更改Easy 51 Pro串口设置，以防止在使用Easy 51Pro下载程序时初始化串口失败。

8. 我现在只会51，AVR一点也不懂，不知怎么样将程序下载到M8L中？我在网上查找资料，说M8L在使用时需要设置CKSEL（3-0）熔丝位，而且需要在OSCCAL寄存器中装载时钟校准值，是这样的吗？

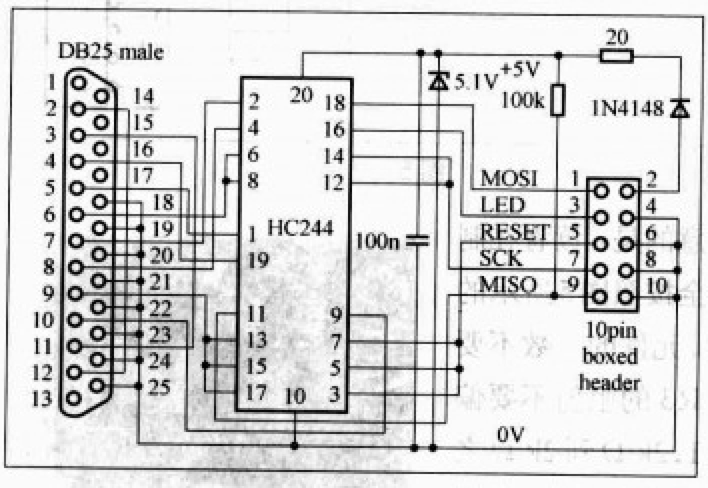


图9

对于会51的朋友，将程序下载到M8L中并不是很难。只要你手头上有并行ISP下载线，就可下载AVR程序。该下载线有两个版本，通用版本的原理图见图9，使用1片HC244加几个电阻和电容即可。这种下载线的特点是BASCOM−AVR、ICCAVR、CVAVR、双龙的SLISP和PonyProg2000等下载软件都支持，安全可靠。精简版本的原理图如图10所示，电路很简单，仅由1个并口接口和4个330Ω的电阻组成，适合初学者制作，支持双龙的SLISP以及PonyProg2000。笔者刚刚学习AVR单片机时就是用的这种下载线，下载程序也很顺利。但是可靠性和安全性方面不如前者，笔者用此下载线也曾写坏过芯片，建议有能力的和长期使用的朋友还是做一做通用版本。

熔丝位很重要，对于初学者来说请不要随意更改熔丝位，否则将会导致单片机无法编程。 本次制作要用到的仅为时钟熔丝位，图11所示为SLISP的熔丝位设置界面。

时钟熔丝位CKSEL（3−0）前面的勾全部去掉，即1111，全部为未编程状态。然后点击写入，这时单片机就会工作在外部晶振状态。读者这时要注意了，一定要给单片机接上晶振，否则将无法进行下次编程。晶振的选择要在工作范围内，最好是4MHz～8MHz之间的石英晶振，不能使用像32768Hz这样的低频晶振。再点击确定，回到主界面，选择Flash文件，点击编程就完成了M8L的烧写工作。

关于在OSCCAL寄存器中装载时钟校准值，在这里就不需要了。OSCCAL寄存器仅仅对内部RC起作用，用于校准。通过校准，能使振荡频率达到1%的精度。

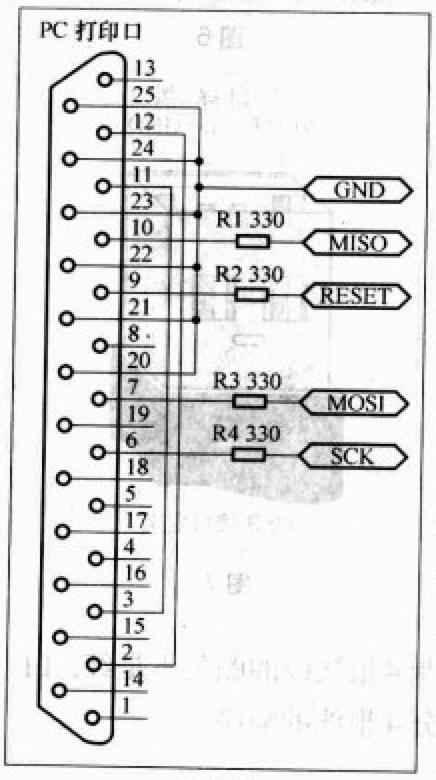


图10

图11

用单片机实现传统电路功能

用单片机制作有遥控功能的电风扇控制板

文 / 周长锁

常见的电风扇控制板使用BA8206A4构成遥控接收和控制电路，见图1，对应的遥控器则使用了BA5104。本文介绍用单片机LPC922取代BA8206A4制作的电风扇控制板，同样具有红外遥控接收、调速、定时、自然风等功能。

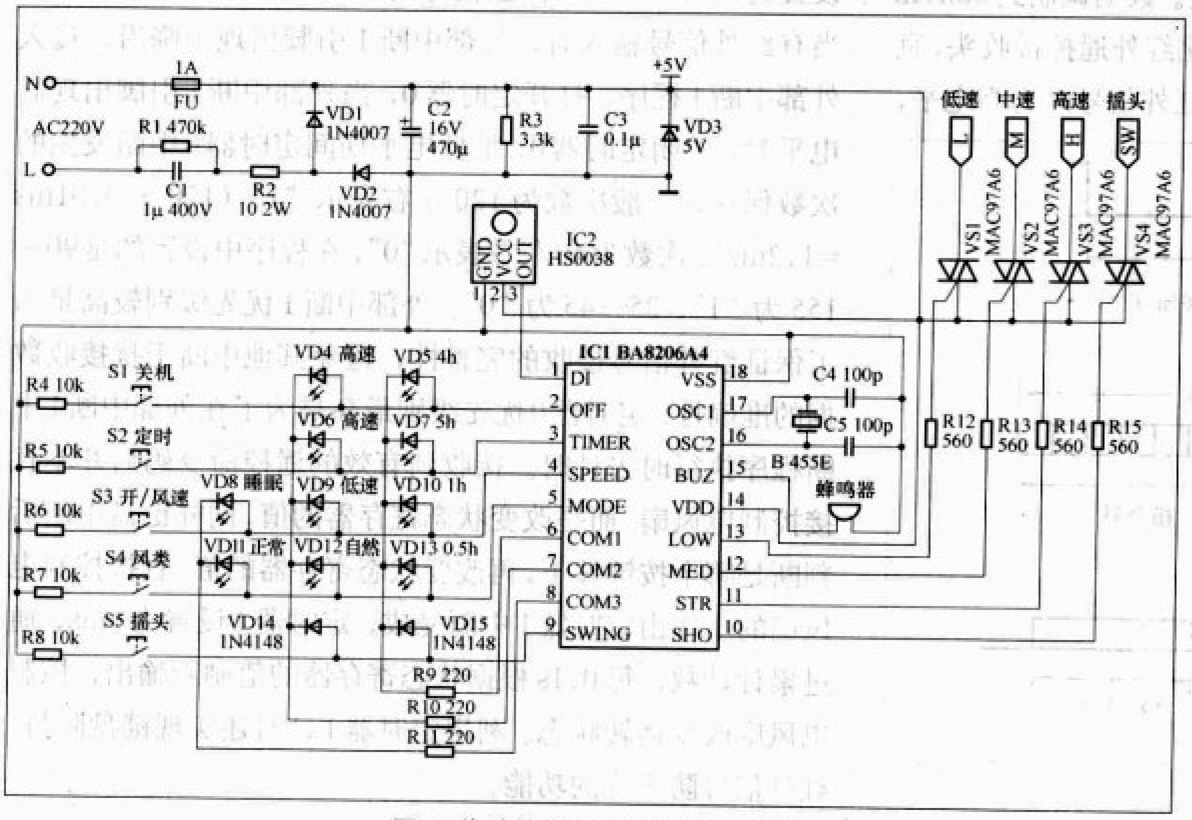


图1 传统的电风扇控制板电路图

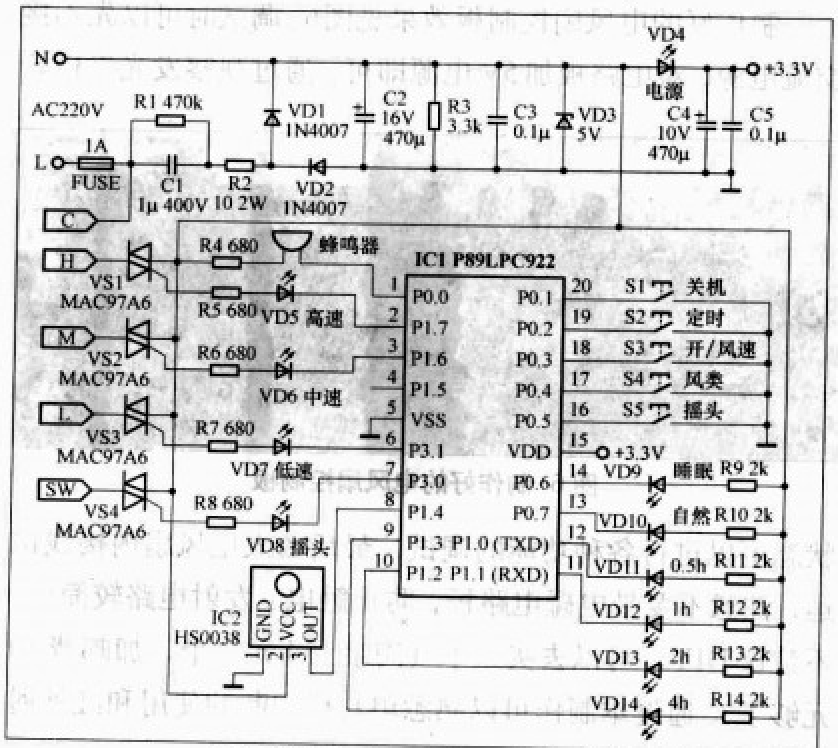


图2 单片机电风扇控制板电路图

一、电路设计

电风扇控制板电路图见图2，主要由电容降压式电源和单片机的输入、输出电路组成。电容降压式电源体积小、成本低，但要特别注意隔离，防止触电。单片机P89LPC922是基于80C51内核的低功耗FLASH单片机，其特点是外围电路简单，有内部7.373MHz振荡器、8KB Flash程序存储器和256字节RAM，20脚DIP20封装。

单片机输入引脚设为双向模式，此时内部有弱上拉作用，省去了外部上拉电阻，其中P1.4是外部中断1输入端，接一体化红外遥控接收头输出端，P0.1～P0.5具有键盘中断功能，接5个控制按键。单片机输出引脚设为开漏模式，其中P0.0驱动蜂鸣器，在操作时发出提示音，P1.7驱动高速控制晶闸管VS1，P1.6驱动中速控制晶闸管VS2，P3.1驱动低速控制晶闸管VS3，P3.0驱动摇头控制晶闸管VS4，P1.0～P1.3驱动定时指示发光二极管，P0.6、P0.7驱动风类指示发光二极管。

二、红外遥控发射与接收

由BA5104构成的红外遥控发射电路图见图3。BA5104引脚C1、C2是用户码输入端，接地表示“0”，悬空表示“1”，K1～K8是按键输入端，VSS接地，VDD接正电源，OSC1、OSC2接455kHz晶振，LED接显示发射状态的发光二极管，DO接红外信号发射驱动三极管。

发射数据格式见图4，图4(a)表示的是数据位格式，*a*约为0.4ms，每位数据宽度约1.6ms，逻辑1的高电平宽度约为1.2ms，逻辑0的高电平宽度约为0.4ms。图4(b)表示的是数据帧格式，每帧数据有12位数据，含起始码、用户码和指令码，具体编码见附表。由图4(c)可以看出每次按键后，延时32ms发送第一帧数据，再延时约6ms发送第二帧数据，两帧数据是相同的。

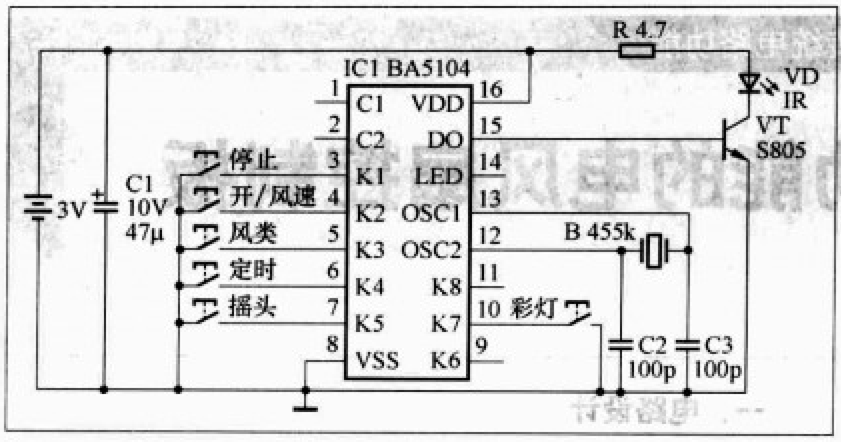


图3 红外遥控发射电路图

附表中用户码都为“11”，是因为BA5104引脚C1、C2都悬空，C1、C2改变后数据随之改变。数据调制到38kHz载波上发射红外信号。接收采用一体化红外遥控接收头，直接输出数据，接收头输出端没接收到红外信号时为高电平，有红外信号时为低电平，就是说输入到单片机的信号和发送的波形对比是反相的，在接收红外信号时，只测量低电平的周期，就可以得到数据。

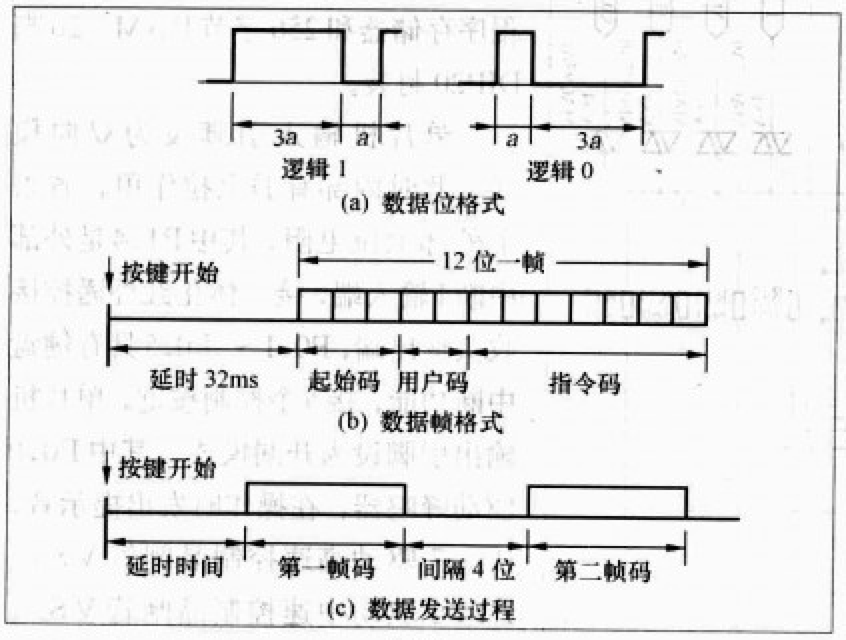


图4

附表 数据帧组成

按键	起始码 2	起始码 1	起始码 0	用户码 C1	用户码 C2	指令码 6	指令码 5	指令码 4	指令码 3	指令码 2	指令码 1	指令码 0	解释	16进制值
K1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	停止	D81
K2	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	开／风速	D82
K3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	风类	D84
K4	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	定时	D88
K5	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	摇头	D90
K6	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	空	DA0
K7	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	彩灯	DC3
K8	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	空	DC6

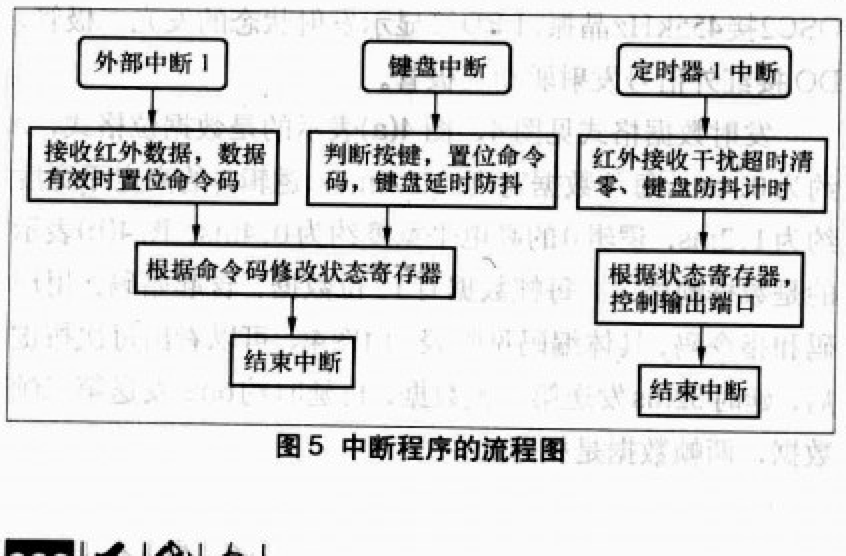


图5 中断程序的流程图

三、程序设计

程序用Keil C语言编写，由主程序、定时器0中断程序、定时器1中断程序、外部中断1程序、键盘中断程序组成。主程序只负责初始化端口、配置中断，中断程序用来完成主要工作，中断程序的流程图见图5。

设置定时器0中断优先级最高为3级，外部中断1为2级，定时器1中断为1级，键盘中断优先级最低为0级。定时器0和外部中断1共同完成遥控数据接收工作，定时器0设置为0.01ms，用于测量信号的周期，平时处于关闭状态，当有红外信号输入时，外部中断1引脚出现下降沿，进入外部中断1程序，打开定时器0，当外部中断1引脚出现高电平时，关闭定时器0，把低电平期间定时器0中断发生的次数保存，一般次数为120左右表示“1”（120 × 0.01ms =1.2ms），次数为40左右表示“0”，在程序中设置的是90～155为“1”，25～45为“0”。外部中断1优先级别较高是为了保证红外信号接收的完整性，避免其他中断干扰接收数据的准确性，定时器0优先级别最高是为了在外部中断1中断程序执行时去计时。接收到有效的遥控命令码后并不直接控制电风扇，而是改变状态寄存器的值，同样键盘中断后判断是哪个按键按下，再改变状态寄存器的值，直接控制电风扇的工作由定时器1中断完成，定时器1设置为1ms，通过累计计数，每0.1s根据状态寄存器的值刷新输出，控制电风扇改变运转状态。利用定时器1计时还实现键盘防抖、红外信号防干扰的功能。

四、组装调试

制作好的电风扇控制板效果见图6。调试时可以先不接交流电源，对电路板加5V电源即可，通过观察发光二极管

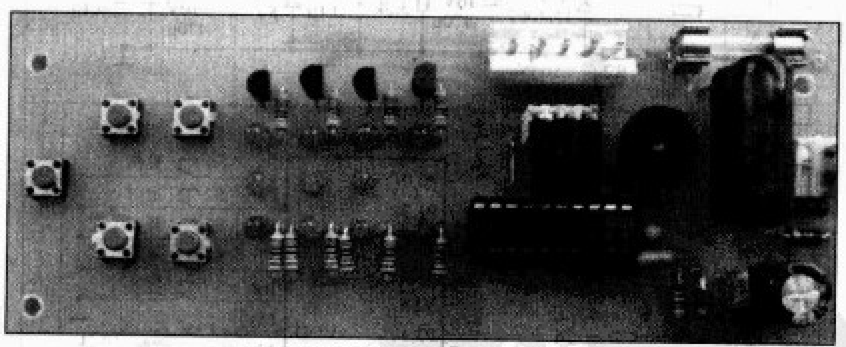


图6 制作好的电风扇控制板

状态可以进行各种功能的调试，最后放入电风扇内接线试运，注意不要带电碰电路板，防止触电。发射电路较简单，不建议DIY，可以去买一个（淘宝上4元／个，加邮费10元够了）。通过本制作可以熟悉单片机中断的使用和红外遥控信号接收的实现方法。

基于AT89C51的摩托车防盗报警器

文 / 李和平

摩托车成为部分人不可少的交通工具，现在摩托车被盗的现象很多，盗贼的手段也层出不穷。为对付不断升级的盗车手段，人们研制出各种方式、各种结构的防盗器，较高级的摩托车防盗锁在短时间内难以破坏，盗贼便将摩托车搬上其它车辆上盗走，这样，再高级的防盗锁也显得无能为力了。为此笔者设计了这款基于AT89C51的摩托车防盗报警器，如图1所示。

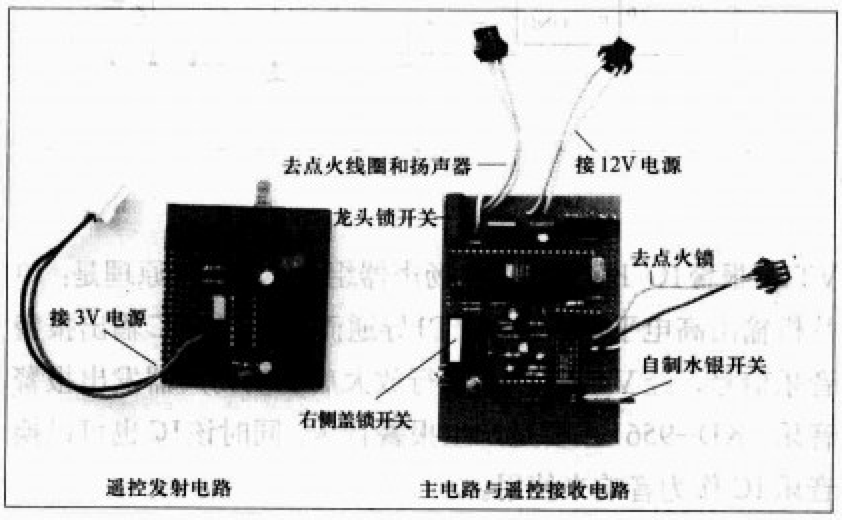


图1

一、系统整体结构

系统总体框图如图2所示。摩托车防盗报警器电路由移动延时报警电路、点火开关接地线断线报警电路、车头锁报警电路、右侧盖防破坏报警电路、控制电路、报警产生电路和遥控电路等组成。

整个单片机控制电路是该系统的核心器件，可用点火钥匙或者遥控器来开启、关闭启动点火和寻车等功能。停车时只要把点火开关关掉，整个报警系统即启动并对摩托车各锁开关和移动摩托车进行检测。若检测到信号，报警电路启动报警，同时切断点火线圈。报警器还设有寻车报警，能在一定的距离内按遥控器上的寻车键寻车报警。音频电路采用KD−9561报警IC驱动高响度报警扬声器发声。系统在单片机的控制下按照程序自动工作，从而实现报警器的智能化。

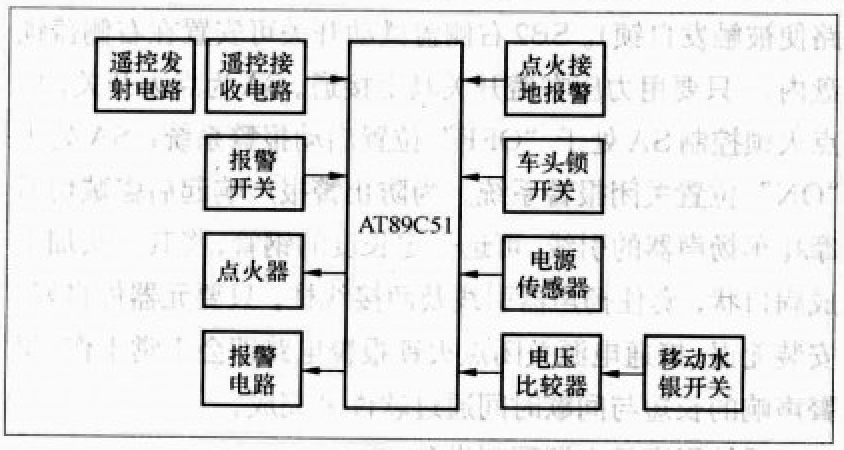


图2 防盗报警器系统框图

二、整机硬件电路设计

整机原理图如图3所示，控制与检测电路采用单片机AT89C51及电子开关传感器构成，报警电路由KD−9561、扬声器及驱动电路组成，遥控发射电路通过LC2190进行编码，再由接收芯片CX20106、LC2200进行解码变成单片机能识别的数字信号。当传感器接收到触发信号输出高电平给单片机，CPU接收到信号后，通过内部处理输出高电平去控制点火器和报警电路报警。当遥控发射电路通过编码输出的遥控信号被接收电路接收并解码输出给单片机能识别的数字信号时，单片机也产生响应对遥控信号进行处理。

图3中SB1、SB2为点动开关、SQ为移动水银开关。SB1、SB2和SQ检测到输入信号经P1.0、P1.1、P1.3输入单片机，而遥控信号则从P0.0、P0.1、P0.2、P0.3输入单片机。SA为启动报警开关，只要把SA打向接地，就会给单片机INT0口一个中断信号启动报警系统，当开关置另一个接点时，5V电压通过电阻和非门加到INT1启动外部中断1关闭报警系统（该中断低电平有效），经单片机处理后由P2.6、P2.7输出去控制报警IC和点火器。

右侧盖防破坏报警电路由电阻器R7和检测开关SB2组成，在摩托车右侧盖完好时，SB2受右侧盖按压而处于关断状态，不能触发报警信号产生电路工作。一旦将右侧盖拆开，欲破坏电源电路时，SB2接通，使P1.0输出高电平经过单片机处理，从P2.6、P2.7输出高电平驱动点火器断开和报警产生电路工作，发出报警声，报警延时1分钟后停止报警由软件来完成。

车头锁防盗报警电路由电阻R6和开关SB1组成，车头锁锁死时SB1断开，当车头锁被打开时，SB1随之自动接通，

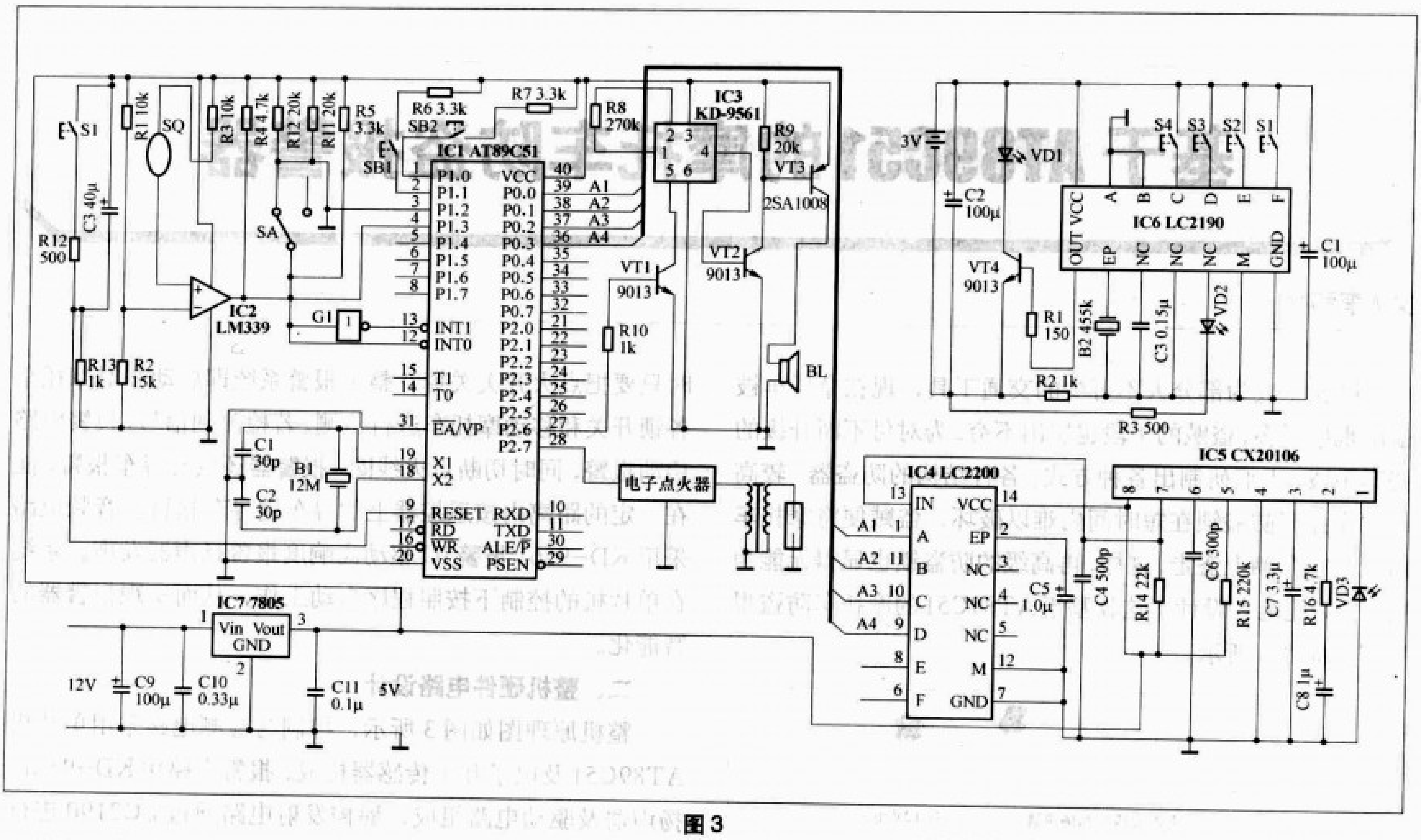


图3

电源通过电阻R6和开关直接把电压加到单片机的P1.1脚使之产生高电平，单片机一旦检测到该高电平，便输出信号去控制点火器和报警电路报警，如果马上把车头锁锁上也不能启动点火器，而报警电路也不会停止工作，必须用点火锁或遥控器关。

在点火开关的接地报警电路中，电阻R11一端接电源一端接地再接到单片机的P1.2脚（该脚高电平有效）。在摩托车点火开关的接地线完好时，单片机检测到低电平，不能触发报警信号产生电路工作。当点火开关的接地线被切断时，输出高电平给单片机，触发报警信号产生电路工作而发出报警信号并切断点火器。

移动延时报警电路由水银开关SQ、电阻器R1、R2、R3、R4和LM339电压比较器组成，其中R1与R2对电源电压进行分压输入到电压比较器的反向输入端作为基准电压。摩托车侧向停放时，水银开关SQ不导通，不能触发报警信号产生电路工作。当有人移动摩托车时，SQ水银开关的水银发生变化，电源通过电阻R3加到电压比较器的正向输入端并与基准电压进行比较，如果小于基准电压，LM339输出低电平，报警电路不工作；当大于或等于基准电压，LM339输出高电平，经单片机处理后驱动报警器报警，同时切断点火开关。移动延时报警电路主要是为了防止盗贼把车子运走。

报警电路由电阻R8、R9、R10，三极管VT1、VT2、VT3，报警IC KD-9561和扬声器组成。其工作原理是：单片机输出高电平使三极管VT1导通而驱动报警IC输出报警音乐信号，经VT2、VT3进行放大后驱动扬声器发出报警音乐。KD-9561主要是产生报警音乐，同时该IC也可以换音乐IC作为音响来使用。

三、制作与使用

在电路板上焊好元器件，检查无误后，即可进行组装。为了增加报警器的防破坏能力，整个装置需隐装在车体内，所有连线均为隐蔽线。SB1选用微型自动复位式开关，把它装在车头锁的锁孔（管）内。当车头锁锁上时，其锁鞘将SB1置于“断”位置；车头锁打开（即锁鞘拉出）时，SB1自动复位于“通”位置。玻璃水银式开关SQ装在车体内任意位置，要求车辆停放时内部接点处于“断”状态；一旦车辆被人搬动，即处于“通”位置（只要瞬间“通”一下，电路便被触发自锁）。SB2右侧盖微动开关可安置在右侧盖锁盘内，只要用力压右盖开关马上接通。SA为点火开关，由点火锁控制SA处于“OFF”位置启动报警系统；SA处于“ON”位置关闭报警系统。为防止警报声响起后盗贼切断摩托车扬声器的引线，可选一定长度的钢管，将其一头加工成扁口状，套住扬声器引线及两接线柱。只要元器件良好，安装无误，接通电源关闭点火锁报警电路即会正常工作，报警声响的长短与间歇时间通过软件来完成。

系统程序见本期配刊光盘。

编者按：如今电子市场上的电路模块形形色色，有振动传感模块、无线数传模块、声波测距模块、红外遥控模块……功能繁多的模块给我们的电子制作和产品设计带来了许多便利。从本期开始，我们将为您介绍一系列典型功能的电路模块及其应用，也欢迎对电路模块应用有兴趣的读者将您的制作心得和使用经验写成文章，与大家分享。

实用电路模块应用

TWH968A一体化振动报警模块

文/陈有卿

TWH968A是一体化微型振动传感报警模块，该模块触发灵敏度高，并可调节；能全方位探测，无死角；遇振动后即输出正极性高电平脉冲，持续时间约1s～5s，幅值最大可达4.5V，能直接与晶体管及数字逻辑电路连接；它体积小巧，可满足各种恶劣环境下使用。该模块可广泛用于门窗、保险柜、机动车辆等防盗报警。

器件简介

TWH968A模块采用塑料壳封装，外形如蛋形，见图1。在外壳正面右上角有一只发光二极管用作工作指示，左上角有一个灵敏度调节孔，里面实际上是一个微调电位器，调节它的阻值可改变模块探测振动的灵敏度，以满足不同场合下需求。底部侧平面有一块双面不干胶，可用来粘贴在需要报警的物体上。引出线为一根长约1.2m的双芯屏蔽线，红色线为电源正端V_{DD}；白色线为输出线OUT；屏蔽层外面套了一小段黑色套管，屏蔽层金属皮网为地端Vss。如果引出线长度不够，可用同型号屏蔽线加长。

图1

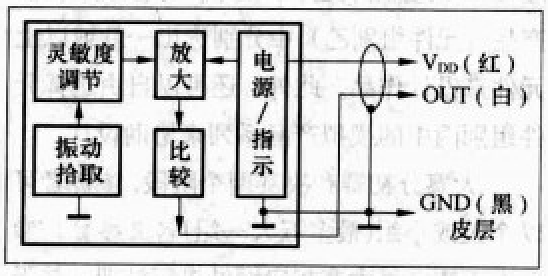


图2

TWH968A模块内部电路功能框图如图2所示，模块的主要电参数为：工作电压V_{DD}=9V～14V；电流I_{DD}≤2.5mA，传输方式为正极性振动脉冲，输出电平≤4.5V，持续时间1s～5s，探测振频范围为100Hz～3000Hz。

典型应用电路

TWH968A模块典型应用电路见图3，平时输出端OUT（白线）无电平输出，达林顿管VT截止，继电器K不动作。一旦与TWH968A模块接触的物体发生振动等异常情况，振动波经模块拾取、放大与比较等处理，使输出端OUT输出高电平脉冲，此脉冲经二极管VD2使电容C迅速充电至VT的开门电平，VT就由原来的截止状态转为导通状态，继电器K动作吸合，可驱动相关的后续电路工作。电阻R与电容C构成短暂的延迟电路，即物体每受到一次振动，后续电路可工作一小段时间。

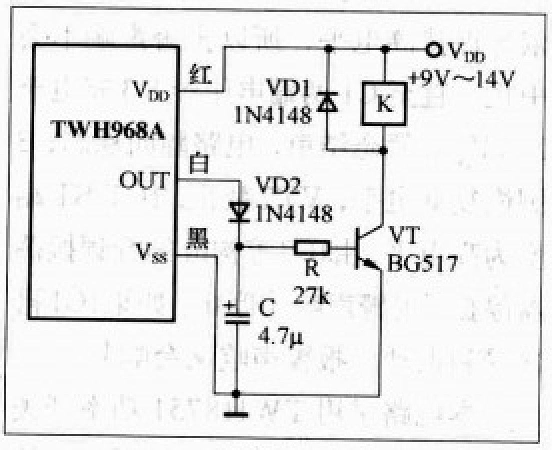


图3

图4是一个实用的振动传感报警器电路，其主要功能是当被监控的物体每接收到一次振动波就可以发出长约2min的响亮报警声。

报警器主要由振动传感模块TWH968A、NE555时基电路和功率开关集成电路TWH8751等元器件组成。NE555时基电路IC2和电阻R3、电容C1等构成单稳态触发器，暂态时间$T=1.1R3\times C1\approx 2\text{min}$。平时模块IC1处于守候状态，输出端OUT无脉冲输出，三极管VT1截止，其集电极即IC2的触发端2脚为高电平，IC2处于稳态，3脚输出低电平。三极管VT2截止，集电极为高电平，即功率开关集成电路IC3的选通端ST即第2脚为高电平（远高于1.6V），由IC3、R8与C3构成的音频振荡器停振，扬声器B无声。

接在IC3输出端第4脚和输入端第1脚IN之间的电阻R8、电容C3构成反馈网络，IC3的工作特点是当选通端ST为高电平（高于1.6V）时，无论输入端IN电平如何，IC3内部输出功率管截止，所以由它构成的振荡器停振。当ST端电平降至1.6V以下时，IC3内部输出功率管的导通与否将受输入端IN的电平控制，当IN端为低电平时，内部输出功率管截止，即第4脚为高电平；当IN端为高电平时，内部功率管导通，即第4脚为低电平。所以借助R8

欢迎参加“有声有色模拟技术应用设计大赛”

文/本刊记者

为了促进模拟应用技术的发展，激发工程师们的创新灵感，使电子产品更加“有声有色”，美国国家半导体公司（NS）于2007年11月20日启动了面向全国系统设计爱好者的《有声有色模拟技术应用设计大赛2007/08》。

现代生活总是与模拟科技的创新发展如影随形，此次大赛的主题就是“发挥创新潜力 让生活有声有色”。大赛选择了与照明、通信等朝阳产业密切相关的模拟器件：LED驱动器与音频放大器，以及多款模拟产品。因为LED驱动器让产品增“色”、音频产品为产品丽“声”，模拟技术美化了产品界面、彰显了产品的特性、使产品更人性化。参赛选手须从美国国家半导体指定的多枚电源管理LED驱动器（元件组别甲）与音频放大器产品（元件组别乙）中分别选出一款或以上元件来设计作品。此外，还可以自由选择元件组别丙中的模拟产品系列来协助设计。

大赛分初赛和决赛两个阶段。参赛者可以个人或小组(最多五人一组)名义参赛。参赛选手需登录大赛指定网站进行注册，并于2008年2月25日前提交设计书。经过评审后，所有决赛入围者将获赠一套其设计所需的美国国家半导体元件。大赛鼓励广大系统设计爱好者充分发挥创造潜力，设计出原创性与实用性兼具的应用电路。

评审标准为：

- 方案的原创性和对元件的利用程度
- 设计的创新性
- 技术复杂度
- 实用性

欢迎广大读者以个人或小组(最多五人一组)名义参赛，只要采用指定的元件，按照比赛要求在2008年2月25日到主办单位网站提交设计计划书，便有机会进入决赛，赢取丰厚奖金。

具体活动日程安排如下：

2007年11月19日－2008年2月25日 提交报名表格及计划书

2008年3月3日－公布决赛入围者名单

2008年3月21日－2008年5月9日 提交设计电路板与设计说明书

2008年5月26日－公布获奖者名单

奖项设置：

冠军(1名)：现金奖人民币30000元及奖状

亚军(2名)：现金奖人民币20000元及奖状

季军(2名)：现金奖人民币10000元及奖状

入围奖(50名)：现金奖人民币500元

报名及查询详情请登陆此次大赛指定网站：www.national.com/CHS/design_contest/

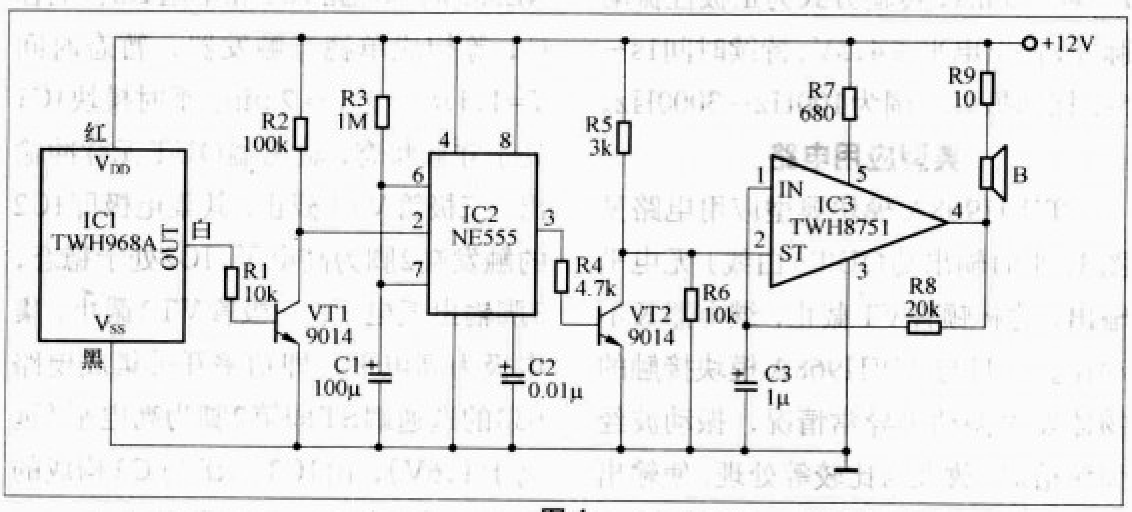


图4

与C3的反馈网络可以构成一个由第2脚可控的音频振荡器，其振荡频率可通过修改R8与C3的充放电时间常数来调节。

当与模块IC1相接触的物体发生振动时，IC1便感受到来自监控物体的振动波，OUT就输出一串正极性脉冲，使VT1间隙导通与截止，其集电极就输出一串负向触发脉冲并直接加至NE555的触发端2脚，IC2被迅速置位，由稳态翻转到暂态，输出端3脚跳变为高电平，VT2导通，IC3选通端ST被钳位在低电平，IC3立即起振，扬声器B就发出响亮的报警声。此时即便IC1停止振动，由于IC2仍处于暂态，3脚依然保持高电平，所以报警声响不会中止。直至C1两端电压经R3充电至$2/3V_{DD}$，暂态结束，电路翻回稳态，3脚恢复低电平，VT2截止，IC3 ST端变为高电平，由IC3等构成的音频振荡器停振，报警声响才停止。如果IC1再次受到振动，报警声响又会响起。

本电路采用TWH8751功率开关集成电路作音频振荡器，是因为它的输出功率大，最大输出电流可达2A，所以可获得较大的音频输出功率。B宜用8Ω/5W号筒式扬声器。R9要用1/2W金属膜电阻器，此电阻如省略，报警音量则更大，此时应给TWH8751添加合适的散热板。

VT1、VT2应选用优质9014型硅NPN三极管，要求$\beta \geqslant 150$。其他元件无特殊要求。12V工作电源可采用蓄电池或稳压电源供给。

电路在安装时，TWH968A振动传感模块应与监控物体保持良好的接触。接触愈良好，振动传感灵敏度愈高。实际使用时还应根据需要，适当调节TWH968A自带的微调电位器，使传感灵敏度恰到好处，并非愈高愈好，因灵敏度过高，稍微碰撞，电路就会误报警。

调整电阻R3的阻值或电容C1的容量可以调节电路报警声响的持续时间。如要改变报警声响的音调，可以更改电阻R8或电容C3的数值。

如何增加红外线遥控作用距离

文/苏　江

红外线遥控技术在工业和家电控制中得到了广泛应用，我们在报刊杂志上时常可以看到相关的技术文章，但这些内容通常围绕的是编译码原理或具体的应用电路，很少提及空间控制距离方面的话题，各位是否曾遇到过在遥控某些家电时，需要伸直手臂进行一番“精确瞄准”才能实现操作的情形呢？通常，我们希望控制遥控设备的灵敏度越高、作用距离越远越好。笔者对此曾做过一些相关的实验，下面就结合平时的实验结果来谈谈业余条件下红外线遥控增距的一些措施和注意事项。

普通红外线遥控系统的大致结构可参考图1的方框图，控制指令一般由键盘输入，再按照特定的编码协议进行严格编码，并调制到数十千赫的载波频率上，然后驱动红外发射管将红外线发射出去。红外线接收则通常采用一体化接收头（内部已集成了红外接收管、放大、选频、解调电路），配合译码电路，“翻译”出对应的控制信息并输送到执行电路。在众多厂家的支持下，红外线的编码、调制、译码已方便地实现了集成化，对遥控作用距离的影响可无需考虑，所以我们就从其余的环节入手加以改进。

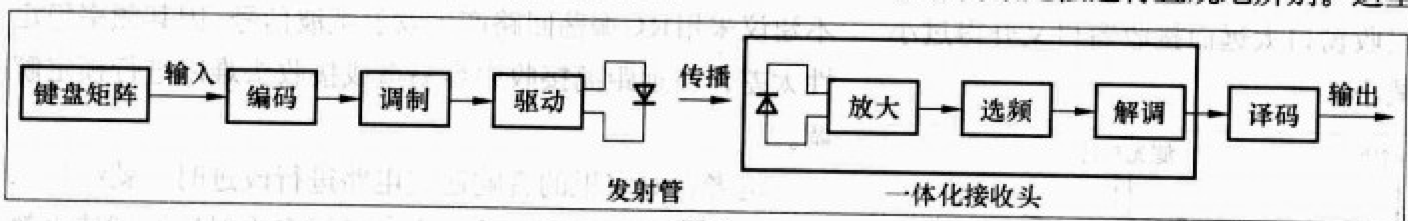


图1

一、改进红外发射管驱动电路

图2是红外遥控发射电路中较常见的两种单管驱动电路形式，如果其前级（编码调制IC）工作在3V～4.5V低电压下，则三极管VT有可能得不到足够大的基极电流而无法进入深度饱和状态，红外发射管也就不能获得最大的驱动功率。改进的方法是：在原来的基础上增加一级电流驱动，并将串联在红外发射管电流回路中的限流电阻R2去掉，如图3所示。实验表明，由于红外线编码调制信号是占空比很小的脉冲方波，且多数情况下持续时间也很短，适当提高红外发射管的工作电流对其使用寿命并无显著影响。在增大发射电流的同时需要加强电路的电源滤波，以免电源纹波增大，串入前级编码调制电路产生干扰。

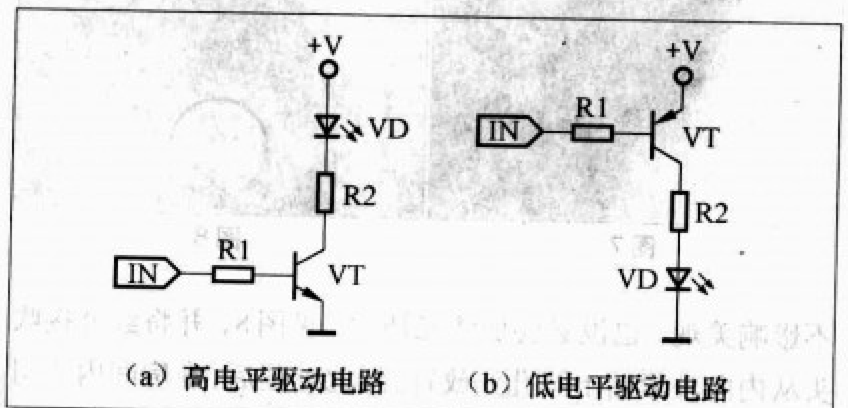


图2

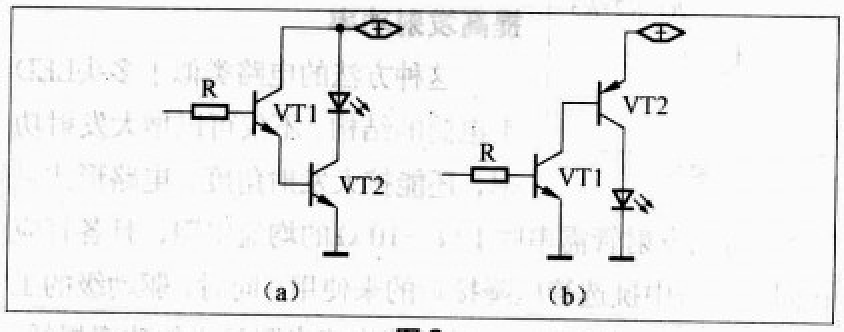


图3

二、选用合适的红外发射管

不同型号发光二极管存在着发光亮度的差异，其实红外发射管的情形和发光二极管差不多，使用发射效率高的发射管可以有效地提高遥控距离，只是由于工作波长不同，依靠肉眼无法进行直观地辨别。这里介绍一个挑选红外发射管的简单方法：使用万用表配合红外接收管（非一体化接收头）来进行大致的收发测试，如图4所示。将红外发射管和接收管拉开3cm～10cm距离对视放置，两者之间套上一个合适的遮光纸筒防止干扰，同时用万用表的R × 1k挡来监测红外接收管的反向电阻值。当开关K未闭合时，电表测出的电阻值很大（数百千欧以上），而当闭合开关K后，接收管的反向电阻值将急剧减小至数十千欧以下，阻值越小表明发射管的效能越好。在测试时如果电表指针摆动幅度不大或过大，可以适当调整一下收、发两

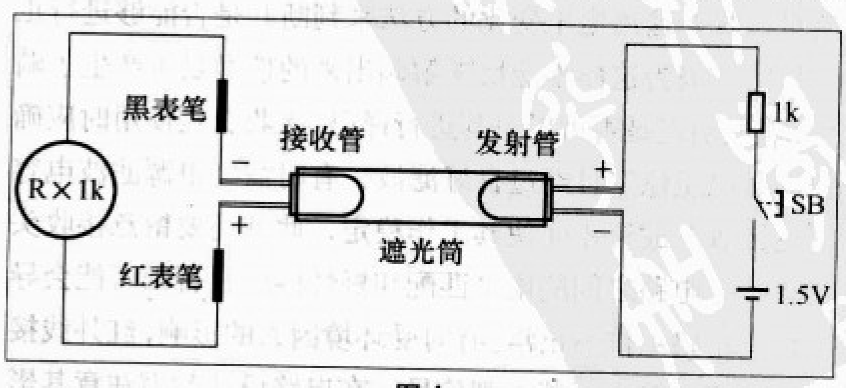


图4

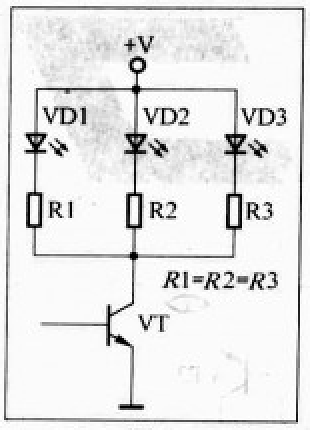


图5

管之间的距离，以方便观察对比为好。此外发射管的发射功率与其外形尺寸也有一定关系，ϕ 5mm 的发射管通常比 ϕ 3mm 的效果更好一些。

三、采用红外发射管多管并联来提高发射功率

这种方法的电路类似于多头LED手电筒的结构，不仅可以增大发射功率，还能扩大发射角度，电路形式见图5。每只发射管需串联1 Ω ~ 10 Ω的均流电阻，且各管应在同一型号中挑选管压降接近的来使用。同时，驱动级的工作电压最好能适当调高，以抵消均流电阻带来的功率损耗，驱动三极管的集电极耗散功率及直流放大系数应足够大。

四、降低信号传输损耗

一般成品红外发射器的发射窗口及接收器的接收窗口前面会加有暗红色的半透明塑料挡片，这是基于美观、保护内部电路及滤除外界干扰光线的考虑，但同时也不可避免地会影响到红外光的穿透，并造成光线的散射和交调，使得控制距离缩短。为增加遥控距离，可在兼顾产品美观和机械强度的基础上减少塑料挡片的厚度，以及采用较淡的颜色来增加透光率，能不用挡片最好。对成品红外发射器来说可以在滤光挡片上钻出一个圆孔，让红外发射管伸出半截圆头参看图6。红外接收头则应尽量由里向外贴近接收窗口放置，因为接收头距离接收窗口太远而接收窗口又开得过小的话，会使受信角度减小。

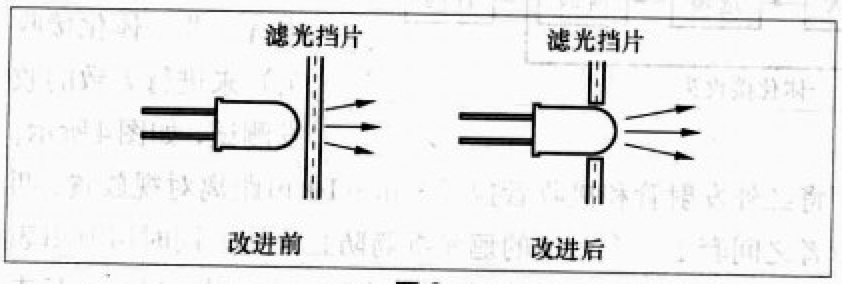


图6

五、红外线接收头的选用及注意事项

不同厂家生产的一体化红外接收头产品性能参差不齐，有的产品宣称接收距离达25m以上，估计是理想情况下的设计值，建议接入实际电路中进行拉距试用对比。不要采用测量接收头输出电平变化的方法来判断其是否能够进行正常接收，因为这样不能反映解调出来的信号是否产生了畸变，无法确定是否可以对其进行译码。接收头在使用时应确保工作电压稳定且经过良好滤波，有时需将电源滤波电容贴近接收头放置才能使其工作稳定，此外还要留意接收头与下一级电路之间的电平匹配和极性匹配，否则可能会导致译码电路工作不正常。有时受环境因素的影响，红外线接收头可能会输出一些毛刺信号，在电路设计时需注意其影响。有的接收头出现白天受信灵敏度高、控制距离远，而夜间受信灵敏度低甚至发生控制不灵的现象，这是受到高频荧光灯（日光灯、节能灯等）的光线干扰所致，解决的方法是选用抗干扰性能较好的接收头，同时设法避免荧光灯的光线照到接收头的受光球面上。

六、注意红外收发频率的一致性

一体化红外接收头在32kHz~56kHz之间有多种规格产品可供选择，但多数成品并未在外壳上标注出接收频率，相应的数据资料也不太好找，这给业余选购带来了较大困难。当发射频率与接收频率相差不大时，大多数情况下基本还能正常遥控，但如相差2kHz以上就会出现遥控不灵敏、控制距离缩短的现象。一些家电维修人员在维修影碟机、电视机时往往不太注意代用接收头的频率一致问题，结果用户将修好的电器拿回家后就会感觉到遥控效果变差了。此外，市面上销售的万能遥控器或学习型遥控器对部分家电设备的控制效果不太理想，原因也往往是收发频率存在偏差所致。解决的方法是换用频率合适的红外接收头，有时也可通过改变发射电路的晶振（陶瓷滤波器）规格来调整其载波频率，总之使两者频率一致就行了。对常规遥控发射电路设计来说，455kHz晶振对应于38kHz发射频率（分频系数为12，455kHz ÷ 12=37.9 kHz ≈ 38kHz），其他还有432kHz、445kHz、465kHz、480kHz等规格的晶振，对应的发射频率分别为36kHz、37kHz、39kHz、40kHz。笔者不建议采用RC振荡回路产生发射载波信号，因其频率稳定性太差，在远距离接收中容易造成接收头难以进行锁定解调。

笔者在对家里的音响遥控电路进行改进时，就综合采用了上面提到的多项措施，先是经过多次对比测试选出效果最佳的红外发射管和一体化接收头来替换掉原来用的元件，同时将发射管头部露出遥控器的滤光挡片，如图7所示，驱动电路改成两级放大，然后在功放面板正中的适当位置开出一个大小与红外接收头受光球面相同的小孔（这样既

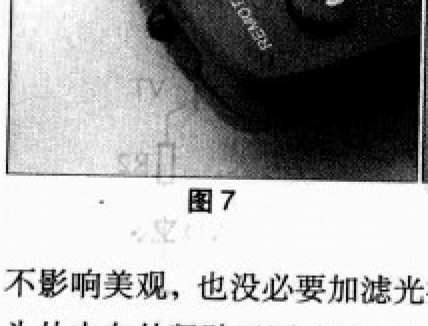


图7

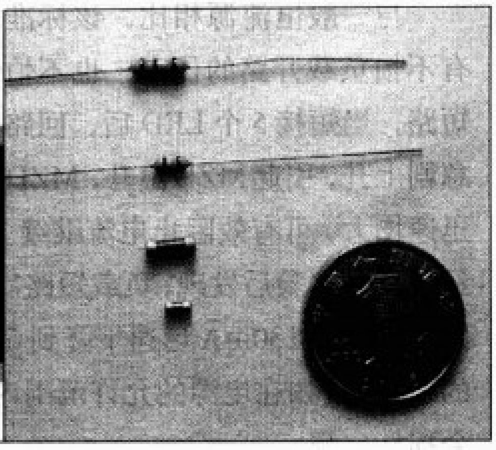
图8

不影响美观，也没必要加滤光挡片，见图8，并将红外接收头从内向外紧贴于圆孔处放置。经此处理后，在房间内使用音响几乎没有遥控死角，让遥控自由自在了。

编者按： 本期每一本杂志中都附赠了两只电阻，它们与普通的电阻有什么区别呢？读了这篇文章，您会对这两只小小的电阻刮目相看的。相信你会把它应用得更好！

花1元钱打造一个LED灯恒流源

（用热敏电阻补偿法解决LED的恒流源）



文/李发嘉

LED用于日常照明的众多优点，本文不再累述。众所周知，LED属于PN结半导体发光器件，该类器件正向导通后，结电压V_F会随环境温度上升而下降，即−2mV/℃，称为PN结的负温度效应。利用该特性可制成温度传感器，但该特性在发光应用上却是致命的缺陷，直接影响到LED的发光效率、发光亮度、发光色度。比如，常温25℃时，选择LED最佳工作电流20mA，当环境温度升到85℃，结电压V_F下降，工作电流急剧增加到35mA～37mA，见图1中的电流曲线Ⅰ，此时电流的增加已不会产生亮度增加，称为亮度饱和。更为严重的是，温度的上升，引起光谱波长的偏移，造成色差。如长时工作在此高温区还将引起器件老化，发光亮度逐步衰减。同样，当环境温度下降至−40℃时，结电压V_F上升，最佳工作电流将从20mA减小到8mA～10mA，发光亮度也随电流的减少而降低，达不到应用场所所需的照度。

为了避免上述特性带来的不足，一般在LED灯的相关产品上，通常采用如下措施：1.将LED装在散热板上，或风机风冷降温。2.LED采用恒流源的供电方式，不因LED随温度上升引起电流增加，防止PN结恶性升温。或这两种方法并用。实践证明，这两种方法用于大功率LED灯（如广告背景灯、街灯），确实是行之有效的措施。但当LED灯进入寻常百姓家就碰到如下问题了：散热板和风冷能否集成在一个普通灯头的空间内；采用集成电路或诸多元器件组成的恒流源电路，它的寿命不取决于LED，而取决整个系统的某块"短板"；有没有吸引眼球的价格，花几块钱就能解决问题。笔者另辟蹊径，用热敏电阻补偿法来解决LED的恒流源问题，既经济又实用。

笔者采用了一种具有正温度系数的热敏电阻与负温度特性的LED串联，组成一个温度系数极小的电阻型负载。一旦工作电压确定后，串联回路中的电流，将不会随温度变化而变化。

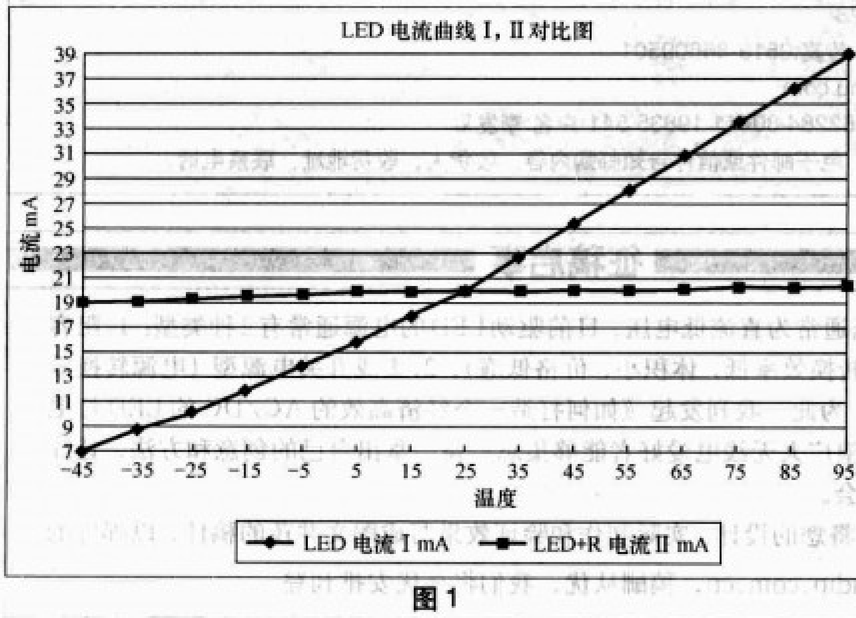


图1

通俗地说，当LED随温度升高电流增加时，热敏电阻也随温度升高，电阻变大，阻止了回路电流上升；当LED随温度下降，电流减小时，热敏电阻也随温度下降电阻变小，阻止了回路电流的减少。如果匹配得当，当环境温度在−40℃～85℃范围内变化时，LED的最佳工作电流不会明显变化，见图1。

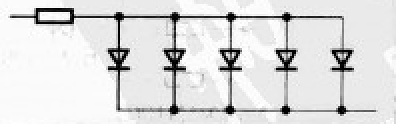
从图1可见，采用热敏电阻温度补偿方法与采用集成电路等元件组成的恒流源相比，热敏电阻温度补尝法只用1个热敏电阻元件就可解决LED的恒流源问题，其价格、体积、寿命等优势不言而喻。

笔者采用的这种正温度热敏电阻MZD，是常州市发达电子有限公司专为LED应用而研制的，其常用规格见表1，下面介绍一下该热敏电阻的应用特性。

20mA恒流源MZD-5A20的应用

我们可以用1只MZD−5A20与5只LED（20mA）串联组成一个标准单元，它的恒流电流20mA，工作电压U=3V+5 × 3.4V = 20.0V。3V是MZD−5A20电阻压降，3.4V是LED的正向导通电压（或2.8V～4.2V），它的恒流特性见图1中的电流曲线Ⅱ。

表1

型号	恒流电流	工作电压	单元电路
MZD-5A20	20mA	3V+V_F×5	
MZD-5B100	100mA	0.65V+V_F	

注：V_F为LED20mA时的导通电压

与一般恒流源相比，该标准单元有不怕负载开路的优点，也不怕负载短路，当短接5个LED后，回路电流急剧上升，引起MZD温升，MZD阻值迅速增大，可有效阻止电流继续上升。经过反复实验后发现，负载短路后，短路电流可由130mA迅速下降到60mA的稳定值，如在电源的允许范围内，不会损坏电源。

由多个5A20标准单元的串联组合，即可支持一定数量的LED，并获得相应的工作电压，比如用10个标准单元相串联的电路，可支持50个LED灯，工作电压可接近200V。

100mA恒流源MZD-5B100的应用

1只MZD−5B100与5只并联的LED(20mA)串联可以组成一个标准单元，它的恒流电流为100mA，工作电压U=0.65V+3.4V=4.05V，0.65V是MZD−5B100 的电阻压降，3.4V是LED的正向导通电压（2.8V～4.2V）。该单元具有不怕短路的特点，当短接LED后，短路电流可由600mA迅速下降到280mA稳定值。

如果要增添LED的数量，可用多个5B100标准单元并联组合，如果要提高工作电压，可用多个5B100标准单元的串联组合。

MZD-5B100的扩展应用

典型的电路连接方法见图2，用2只5B100电阻并联扩展成200mA恒流源，用于200mA的大功率LED，工作电压$U = 0.65V + V_F$。3只5B100并联可扩展成300mA恒流源，用于300mA的大功率LED，工作电压$U = 0.65V + V_F$，以此类推。

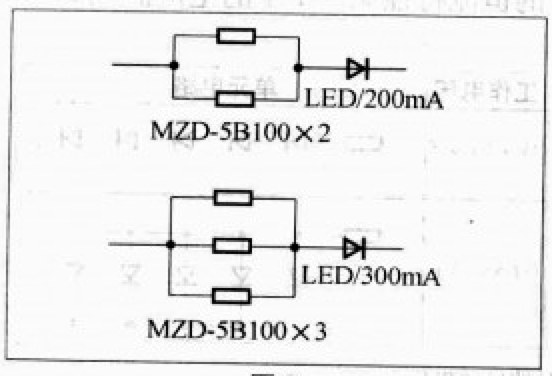


图2

MZD的电流过补偿保护特性

热敏电阻MZD还具有电流过补偿特性，即热敏电阻的正温变化率大于发光管的负温效应，图3所示是一条随温度上升而减少的下陡曲线。这一点与LED的另一典型特性是一致的，即允许电流在40℃后随温度上升相应减少，使LED的功耗控制在额定范围内，确保LED的最长寿命。MZD电流过补偿保护特性，正好可以满足LED对电流的要求，这也是一般的LED恒流源不具备的。

过补偿保护应用在以下几处更显优势：1.全年或每天环境温差大，如室外照明的街灯、广告灯、车灯；2.低电压大电流LED灯（MZD−5B100具有低内阻、小压降）；3.价高的大功率LED单个保护。

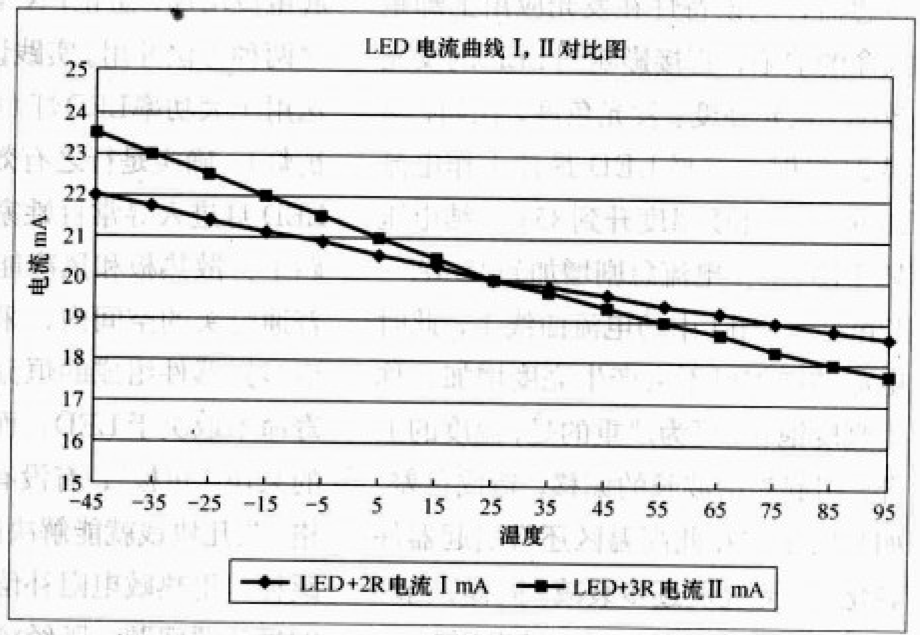


图3

MZD过补偿保护特性的典型应用电路接法见图4，与标准单元串联一个相同型号的MZD热敏电阻，即可发挥过补偿作用，如果增加2个或3个MZD热敏电阻会加深补偿作用，但如果补偿太深，常温下LED电流过低，会影响发光效率。我们可以通过实验，选出保护功能与发光效率兼顾的最佳方案。

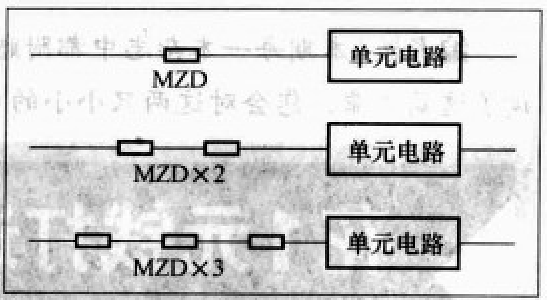


图4

热敏电阻型号: MZD-5A20 MZD-5B100 0.80元/只
注:每种型号一个封装(50只)起售，40元/封装,含邮费。
常州市发达电子有限公司
地址:江苏省常州市北直街4-2号 邮编213003
技术咨询:13861273028
电话:0519-85795737 传真:0519-86609501
电子邮箱:czfddz@sohu.com
汇款:常州农行金穗卡 62284 80411 19835 541 户名:李发嘉
汇款后用短信、传真、电子邮件或信件告知邮购内容、收货人、收货地址、联系电话。

征稿启事

LED工作电压通常为直流低电压，目前驱动LED的电源通常有2种类型：1.阻容降压整流型（电源转换效率低，体积小，价格低廉），2.集成开关电源型（电源转换效率高，价格昂贵）。为此，我刊发起《如何打造一个经济高效的AC/DC的LED灯电源》征稿活动，希望广大无线电爱好者能够集思广益，拿出自己的创意和方法，让绿色照明工程惠及社会。

投稿办法：请将您的设计、实际制作和验证效果写成图文并茂的稿件，以邮件的方式发到radio@radio.com.cn，稿酬从优，我们将择优安排刊登。

新品速递

四种新型运算放大器

文 / 吴红奎

运算放大器简称运放，从1963年问世以来，运放已经经历了从单一运算器件到标准电路单元再到专用化的发展历程。从应用来讲，运放可以分为通用型和专用型两大类，如我们熟悉的LM324是通用型的，而作为比较器的LM339则可以称为专用型的。如今针对某一领域甚至某一类应用广泛的设备的运放越来越多，专用性更强，如仪表放大器、音频放大器等。

从用途上来说，运放的种类很多，常见的有放大器、缓冲器、比较器、积分器、电平转换器、峰值检波器、有源滤波器等。专用型运放常见的有包含开关的多路复用放大器、无须外部电阻的数字可编程增益运放、包含输入钳位和低通滤波器的运放等。根据运放中运算放大器单元的数量，我们通常将运放分为单运放、双运放、四运放。封装形式也有业界约定俗成的标准，塑料封装的有DIP8、DIP14、相应的扁平封装SOIC8、SOIC14等以及新出现的SOT23封装等，其中SOT23一般是单运放。早期还有金属封装的，典型的封装代号是T099，有单运放也有双运放。

本文介绍4种新型运算放大器集成电路：LMP8100A、AD8638、MCP603X、OPA2376。

LMP8100A：高精度增益可编程运算放大器

LMP8100A是美国国家半导体公司推出的电压增益可编程的运算放大器，增益可编程范围1～16V/V，步长1V/V。LMP8100A内部集成了一个轨至轨输入/输出的、开环增益110dB、增益带宽为33MHz的CMOS单通道运算放大器，该运放的闭环增益由集成的高精度薄膜电阻链进行设定，增益调节的控制通过可级联的串行总线实现，模式控制寄存器有两个缓冲区，以确保不同设定的变换之间不会出现信号跳变。LMP8100A具备待机工作模式，仅仅消耗20μA电流；输入端集成了零点校准开关，可让用户测量输出端的偏移电压以便校准因温度或电压漂移而产生的误差；LMP8100A内部集成了四重频率补偿电路，可以满足用户在不同的增益设定条件下对增益带宽的要求。

LMP8100A属于NSC推出的低电压、高精度系列运放：LMP®系列，采用NSC专有的VIP50工艺制造，适合多种工业测量应用，如工业仪器与测量、数据采集、比例控制、增益控制、传感器等。VIP50是NSC新开发成功的一种绝缘硅（SOI）BiCMOS制造工艺，可以在同一硅片上集成可微调的高精度薄膜电阻，能适应0.9V～12V范围的电源电压，尤其是低至0.9V的电源电压，对低电压的电池供电系统非常有用。

附表 LMP8100A的主要技术参数

技术参数		典型值
增益误差		0.015%
核心工作温度范围		－40℃～+125℃
V_S（工作电压范围）		2.7V～5.5V
TCGE(增益漂移)		0.5 ppm/℃
V_{OS}（输入失调电压）		±50μV
TCV_{OS}(输入温度漂移系数)		1.5μV/℃
I_B（输入偏置电流）		0.1 pA
e_n（输入电压噪声密度）		12 nV/$\sqrt{Hz}$
BW（增益带宽）		33 MHz
SR（转换速率）		12 V/μs
PSRR（电源电压抑制比）		100dB
V_O(输出电压摆幅)	+IN =5V	4.95V
	+IN =0V	50mV
I_O（电流输出能力）		20 mA
V_{IN}（输入电平范围）		－0.2V～5.2 V
I_S（电流消耗）		5.3 mA
I_{PD}（待机电流消耗）		3.5μA
R_{IN}（输入阻抗，f=10Hz）		>10GΩ

图1是一个实用的GMR磁场传感器电桥放大电路，两个LMP8100和一个LMP7711共同组成GMR磁头

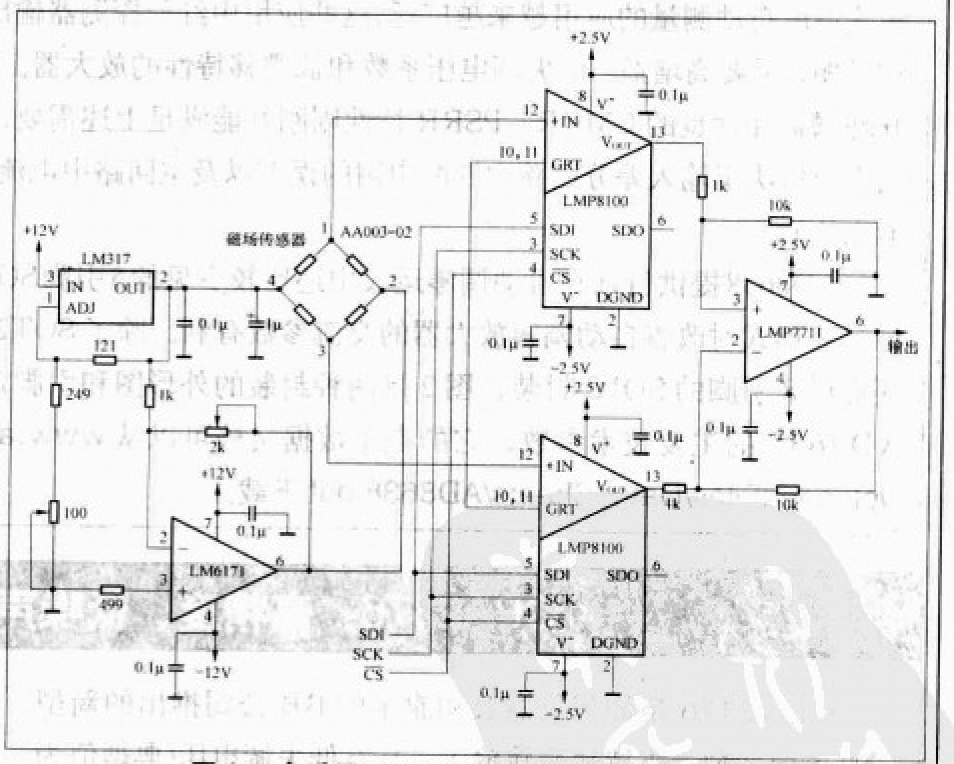


图1 一个采用LMP8100A的磁场传感器电路

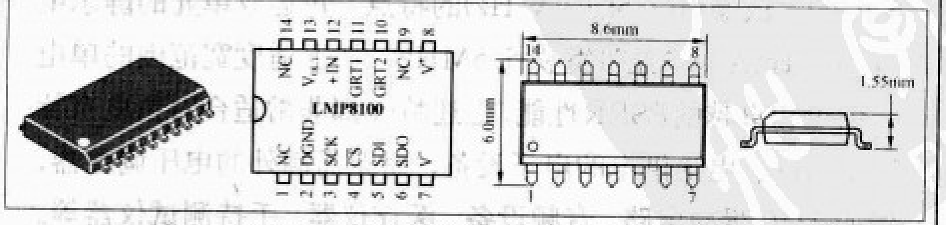


图2 LMP8100A的引脚定义和外形图

放大器，LMP7711 可以直接驱动 ADC。

LMP8100A 采用 14 引脚的 SOIC 封装，附表是它的主要技术参数，图 2 是它的引脚定义与外形图，它的详细电子文档可以从 www.national.com/ds.cgi/LM/LMP8100.pdf 下载。

AD8638：自动调零、轨至轨输出运算放大器

AD8638 是 ADI（模拟器件有限公司）公司推出的高精度、自动调零的单运算放大器，支持单电源供电，具有极低的输入失调电压（小于 1 μV）和温度漂移系数（小于 30nV/℃），可以同时满足对增益和输出电压漂移有苛刻要求的应用，例如恶劣环境下的高灵敏度工业测量。

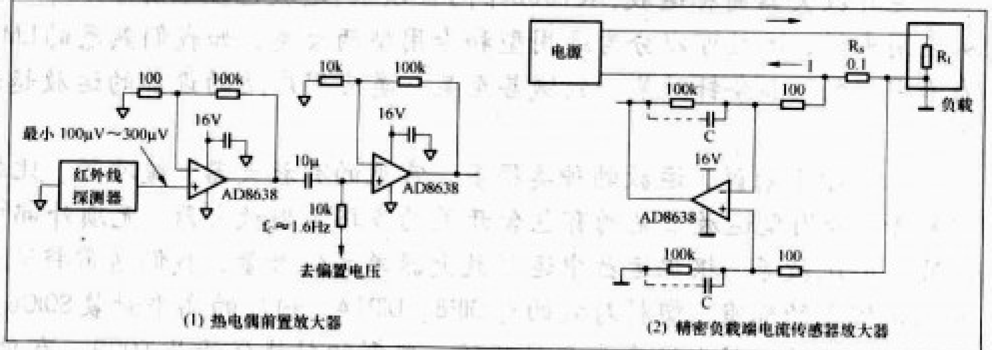


图 1 AD8638D 的两种应用电路原理图

AD8638 采用获得专利的自动调零(auto-zeroing)拓扑，具有很高的温度稳定性，这种独特的电路拓扑使AD8638在很宽的温度范围内都能够保持极低的输入失调电压特性。ADI 的自动调零拓扑很好地兼顾了噪声和带宽，使低频噪声电压和能量集中的弊端得以有效解决，在大多数需要高 SNR（信噪比）的应用中无需额外的低频滤波器。在 0Hz～10kHz 范围内，AD8638 的噪声很低，能够适应极高 DC 精度要求的应用，在系统信号带宽为 5kHz～10kHz 的范围内，AD8638 能为 ADC 输出缓冲放大提供真16位的精度，成为此类系统输出缓冲放大器的上佳之选。

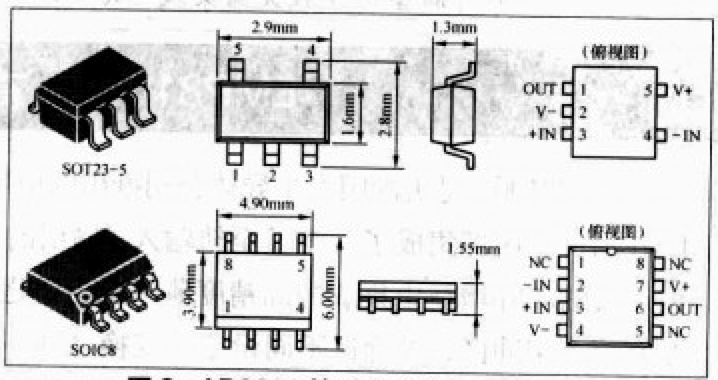


图 2 AD8638 的引脚定义和外形图

图 1 是 AD8638 的两种典型应用电路。利用红外探测、温差电偶进行非接触式温度自动测量的应用越来越广泛，这些应用中红外探测器输出的信号都非常微弱，需要高增益、低失调电压系数和低漂移特性的放大器。AD8638 的高开环增益和优良的 CMRR、PSRR 特性则刚好能满足上述需要，电路的精度则主要取决于输入差分回路中匹配电阻的误差以及主回路中电流的变化率（不能太快）。

AD8638提供目前在自动调零运放中还比较少见的5引脚SOT23封装，这种封装形式对改善自动调零放大器的交流参数有利。除了 SOT235，AD8638 还提供 8 引脚的 SOIC 封装，图 2 是两种封装的外形图和引脚定义，附表是 AD8638 的主要技术参数，它的电子数据文档可以从 www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD8638.pdf 下载。

附表 AD8638 的主要技术参数

技术参数	典型值
V_{OS}（输入失调电压）	3 μV
I_B（输入偏置电流）	1.5pA
I_{OS}(输入失调电流)	7pA
输入电压范围	-0.1V～+3V
CMRR(共模信号抑制比)	133dB
AV_O(大信号电压增益，R_L=10k Ω)	136dB
I_{SC}(最大输出电流)	± 19mA
Z_{OUT}(闭环输出阻抗)	4.2 Ω
PSRR(电源电压抑制比)	143dB
I_{SY}(运放消耗电流，I_O=0mA)	1.0mA
SR(电压转换速率)	2.5V/ μs
GBP(增益带宽，R_L=2k Ω)	1.35 MHz
e_n(输入噪声密度)	60nV/ √Hz
电源电压范围	5V－16V
工作环境温度范围	－40℃～＋125℃

OPA2376：高精度、低噪声、低静态电流双运放

OPA2376 是德州仪器公司旗下的 BB 公司推出的新型 CMOS 双运放，支持轨至轨输入，具有低失调电压(典型值为 5 μV)、低噪声(7.5nV/√Hz)的特点，每运放单元的静态电流小于 1mA，增益带宽积 5.5MHz，加上适度宽范围的单电源供电和卓越的PSRR性能，上述特性都非常适合对精度有特别要求的、电池供电的电子设备，而无需额外的电压调整器，例如ADC缓冲电路、音频设备、医疗仪器、手持测试仪器等。

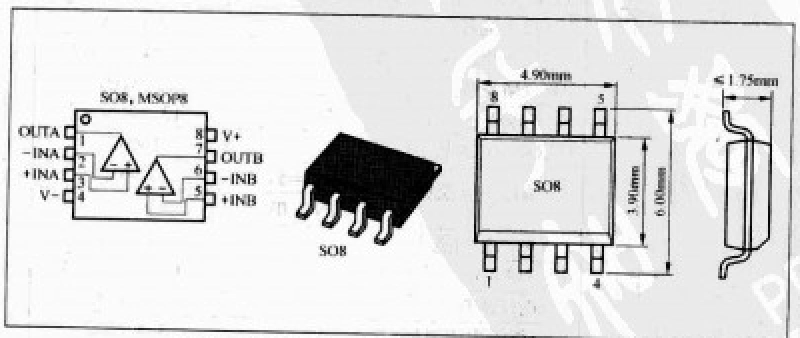


图 1 OPA2376 的外形图和引脚定义

OPA2376采用MSOP8和SO8小型封装，同系列的还有单运放版本OPA376和四运放版本OPA4376，OPA376提供SC70–5、SOT23–5、SO–8三种封装，OPA4376提供TSSOP–14封装。图1是OPA2376的引脚定义和外形图。

图2是一个幻像供电方式的驻极体话筒放大器，这种话筒一般用于舞台等专业应用场合，话筒与主放大器之间的信号传输采用差分平衡方式，两条信号电缆同时也是话筒里的前置放大器的电源供电电缆。这种方式即使话筒与主放大器之间的连线比较长，也可以有效降低由话筒连线传入的噪声。图1中，OPA2376配置成单端输入，平衡输出的差分放大器，按图中元件数值，增益为6dB，运放电源和驻极体话筒偏置电源由主放大器的48V电源以幻像方式供给。附表是OPA2376–16的主要技术参数，它的电子数据文档可以从www.ti.com/cn/lit/gpn/opa2376下载。

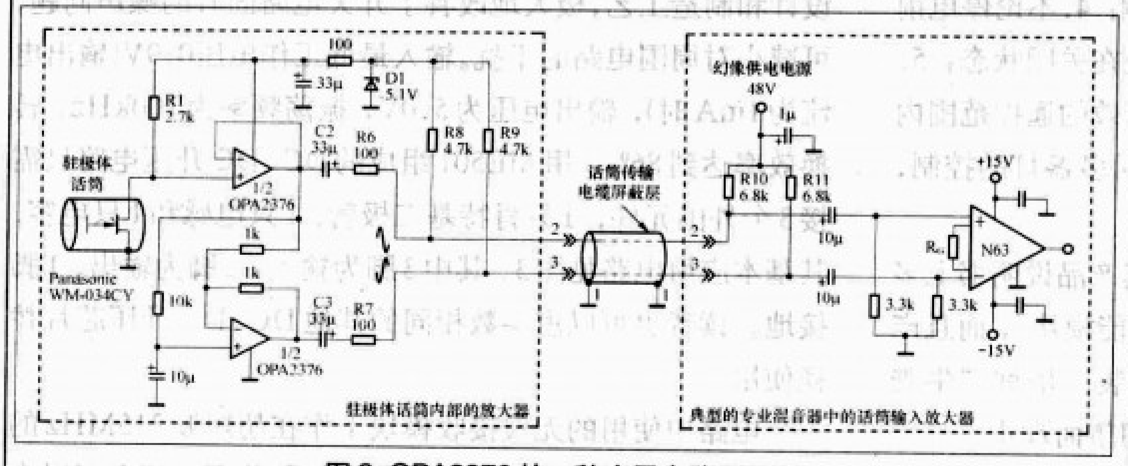


图2 OPA2376的一种应用电路原理图

附表 OPA2376的主要技术参数

技术参数	典型值
V_{OS}（输入失调电压）	5 μ V
dV_{OS}/dT（输入失调电压温度系数）	0.32 μ V/℃
PSRR（电源电压抑制比）	5 μ V/V
通道隔离度	0.5mV/V
I_B（输入偏置电流）	0.2pA
I_{OS}（输入失调电流）	0.2pA
e_n（输入噪声电压密度，f=1kHz）	7.5 nV/√Hz
i_n（输入噪声电流密度）	2fA/√Hz
CMRR（共模信号抑制比）	90dB
A_{OL}（开环增益）	134dB
GBW（增益带宽积）	5.5MHz
SR（转换速率）	2V/ μ s
THD + Noise（谐波失真+噪声）	0.00027%
I_{SC}（最大输出电流）	± 40 mA
RO(开环输出阻抗)	150 Ω
V_S(工作电压范围)	2.2V～5.5V
I_Q（每运放单元消耗电流）	760 μ A
工作环境温度范围	−40℃～+150℃

MCP603x：高精度、低功耗、轨至轨输入/输出系列运放

MCP603x是美国微芯科技公司推出的高精度低功耗CMOS系列运放。MCP603x支持低至1.8V的单电源供电，每运放静态电流典型值仅0.9 μ A。MCP603x支持轨至轨输入/输入，输入失调电压优于± 150 μ V，增益带宽（积）的典型值为10kHz，比较适合于需要低功耗、低压工作及高精度的应用领域，例如工业便携式应用，包括：便携式气体检测器、压力监控装置、移动收费标签、数字万用表、RFID读卡器及条形码扫描器等；医疗设备，如血糖仪、可穿戴式心率表及体温测量传感器；消费类产品，如手持式游戏机、机顶盒及便携式音频播放器等。

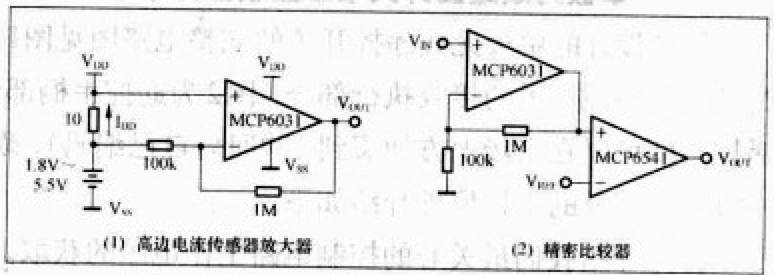


图1 MCP603x的两种应用实例电路原理图

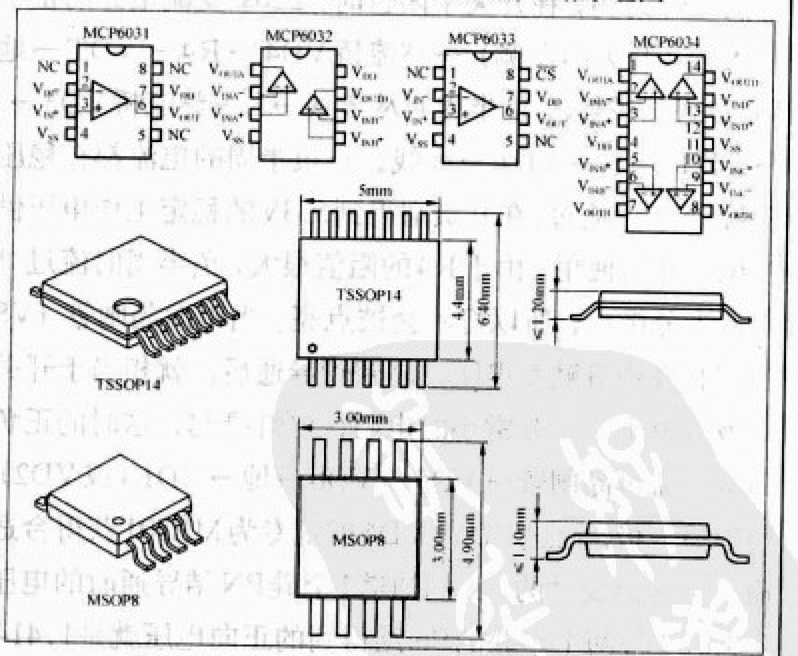


图2 MCP603x的引脚定义和部分外形图

图1是两个采用MCP6031的应用实例。

MCP603x系列运放的每个型号都提供SOIC扁平封装，仅引脚定义和数量有差别，MCP6034还提供TSSOP封装，其余三个型号还同时提供MSOP封装，图2显示了各型号的引脚定义和部分外形图。MCP603x的主要技术参数见附表，电子数据文档可以从ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22041a.pdf下载。

附表 MCP603X的主要技术参数

技术参数	典型值
V_{OS}(输入失调电压，V_{DD}=3.0V)	± 150 μ V
$\Delta V_{OS}/\Delta T_A$(输入失调温度系数，V_{DD}=3.0V)	± 3.0 μ V/℃
PSRR(电源电压抑制比)	88dB
I_B(输入偏置电流)	± 1.0pA
I_{OS}(输入失调电流)	± 1.0pA
Z_{CM}(共模输入阻抗)	10^{13} Ω‖6pF
Z_{DIFF}(差模输入阻抗)	10^{13} Ω‖6pF
CMRR(共模输入信号抑制比)	95dB
AOL(开环增益)	115dB
V_{OH}/V_{OL}(最大输入电平范围)	[(V_{SS}+10)～(V_{DD}−10)]mV
I_{SC}(最大输入电流)	± 5mA
V_{DD}(电源电压范围)	1.8V～5.5V
I_Q(每运放静态电流)	0.9 μ A
GBWP(增益带宽)	10kHz
PM(相位容限)	65°
S_R(转换速率)	4.0V/ms
e_n(输入噪声电压密度)	165 nV/√Hz
i_n(输入噪声电流密度)	0.6 fA/√Hz

自制单极无线遥控开关

文/梁 政

单极型无线遥控开关有诸多优点：1.可以直接代换常见的各种灯具的开关；2.遥控无方向性，可隔墙隔室遥控开灯、关灯；3.既可以遥控，也可以手动控制；4.不论停电前是什么工作状态，重新来电后，开关总处在关闭状态；5.编码组数多，编码容易，不易重复，在有效的遥控范围内不会产生干扰；6.一只遥控器可以实现对多盏灯的控制，一盏灯也可以用多个遥控器控制。

我们在市场上看到的这类遥控器，其产品说明书上多数自称采用了什么自主研发的"微电压储能模块"，而且产品中的该器件往往被做了特殊的黑色封装（俗称"牛粪块"），致使很多无线电制作的"粉丝"们望而却步。

事实上这些所谓"自主开发"的模块完全可以被其他器件替代。下面笔者就把自己设计制作的单极无线遥控开关介绍给广大读者。

单极无线遥控开关电路接收部分原理

笔者设计的单极无线遥控开关的完整电路图见图1、图2。图1为遥控开关的接收执行部分，图2为遥控手柄部分。遥控手柄可以在市场上方便买到（购回后自己编码），现将接收执行部分的工作原理介绍如下。

首先介绍我们最关心的控制电路工作电压的获取。以控制电灯为例，在开关未闭合时，220V交流电源的正半周从火线（开关的左侧）→整流桥VD4→R4→VDT→地→VD2→L→零线，负半周时从零线→L→整流桥VD3→R4→VDT→地→VD1→火线。正负半周的电流都在稳压二极管VDT上流过，在其负端得到5.3V的稳定工作电压供遥控电子开关使用。由于R4的阻值很大，负半周时流过灯的电流十分微小，所以灯不会被点亮。当单向晶闸管（VS1）的控制极获得触发电压，晶闸管导通后，就相当于开关两端被接上了一个非常小的电阻，电灯亮起，这时的正负半周全部流过晶闸管→VD5→VD6→地→VD1（或VD2）→回到另一极。而这VD5、VD6就是专为ME501获得合适的输入电压而设计的，我们知道1个硅PN结导通时的电压降是0.707V，两个串联的PN结得到的正向电压就是1.414V，满足了ME501输入电压≥0.9V的要求。那么，只要负载的电流不是很大，ME501输出的电压就会保持在5V左右。这样单极无线遥控开关的的工作电源问题就迎刃而解了。

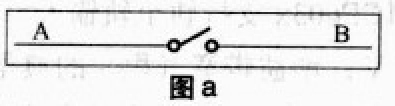
主要元件及其功能

笔者设计中采用的核心元件是ME501，该芯片采用CMOS工艺制造，是低静态电流（典型值为6μA）的PFM开关型DC/DC升压转换器。该系列芯片采用先进的电路设计和制造工艺，极大地改善了开关电路固有的噪声问题，可减小对周围电路的干扰。输入最低工作电压0.9V(输出电流为1mA时)，输出电压为5.0V，振荡频率为100kHz，转换效率达到86%。用ME501组成的DC/DC升压电路只需接3个外围元件，1只肖特基二极管、1只电感和1只电容。其基本应用电路见图3。其中3脚为输入，2脚为输出，1脚接地。读者也可以用参数相同的其他DC/DC升压芯片替换使用。

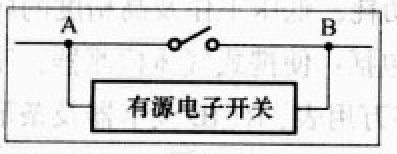
电路中使用的无线接收模块工作在超短波315MHz的频率上，属于国家无委划定的业余频段范围，读者可以在电子市场中购买成品模块。作为在单极无线遥控开关上使用的接收模块，一定要选在3V电源电压下都能正常工作的

DC/DC升压的基本作用

DC/DC升压是单极无线遥控开关的最关键的技术，为什么这么说呢？我们来看看图a、图b。



图a



图b

图a是原手动机械式电灯开关，其开关的闭合和断开都依靠机械力，不需要电路提供任何能量。而图b的A、B两端接的是电子开关和无线接收模块，这些电子元件的工作电压一般都在3V以上，在电子开关断开时，由于电子开关和用电负载串联，而且单极无线遥控开关的内阻往往大于用电器许多，所以大部分的工频电压都加在单极型无线遥控开关上，因此它合闸所需要的能量基本没有问题。但是一旦开关闭合，A、B两点的电压就下降到0V，此时的电子开关就失去了工作电压而不能工作了，因此我们就只能遥控开，不能遥控关了。

要解决这个矛盾，我们就必须在电子开关的串联回路中增加一种元件，使流过开关的电流在该元件上面既能产生一定的电压降，又能做到消耗的功率低、发热小。当然截留的这个电压降也不能太高，否则用电器上的额定电压就会下降过多，用电器的功率就会随之下降。因此需要将低电压升高到控制电路所需的电压值，这就是各生产厂家特别保密的所谓"微电压储能模块"的作用。

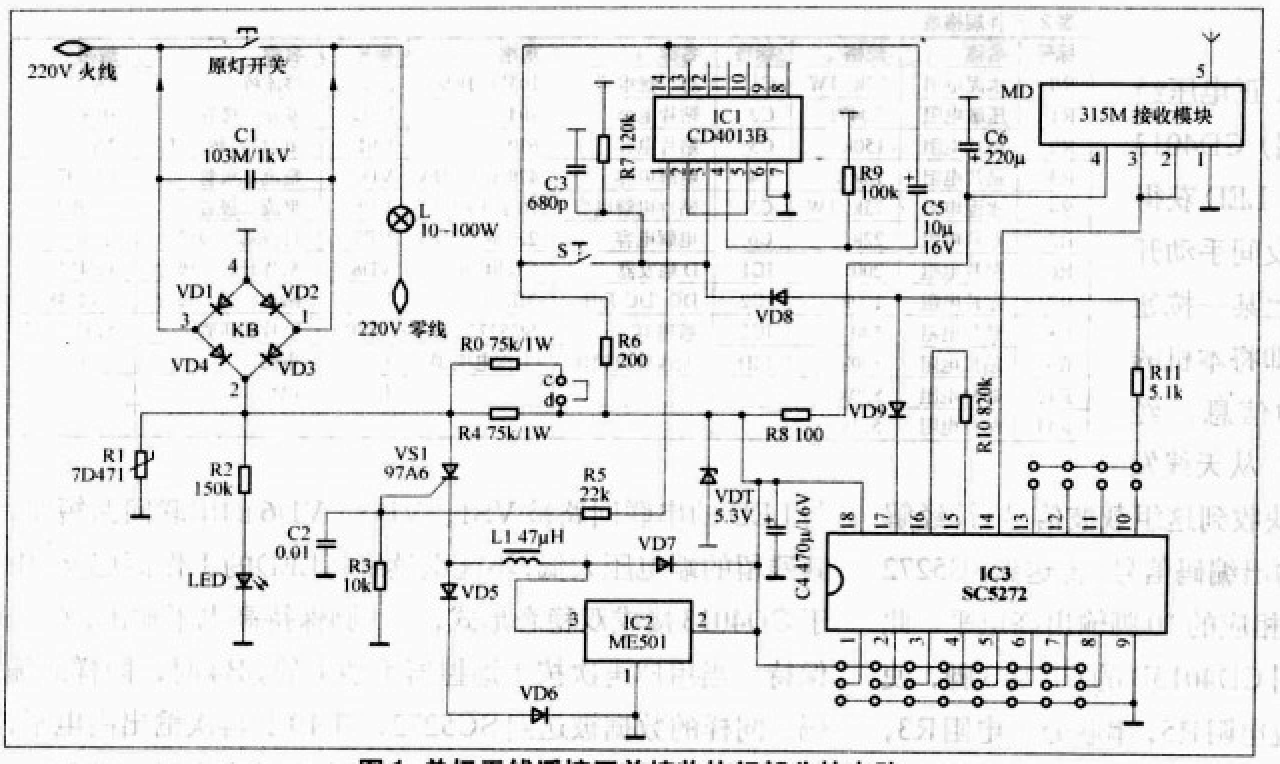


图1 单极无线遥控开关接收执行部分的电路

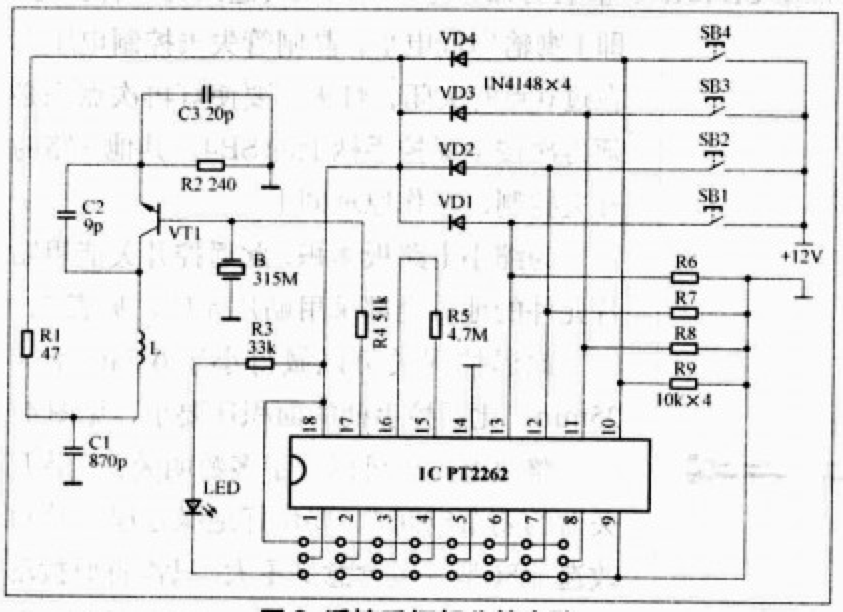


图2 遥控手柄部分的电路

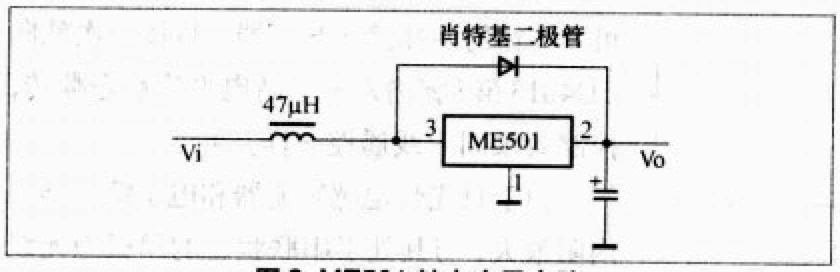


图3 ME501基本应用电路

产品。CD4013为双D触发器，这里我们只用它一个D触发器组成一个双稳态输出电路。D触发器是一个具有记忆功能的二进制信息存储器件，是构成多种时序电路的最基本逻辑单元。触发器具有两个稳定状态，即“0”和“1”，在一定的外界信号作用下，可以从一个稳定状态翻转到另一个稳定状态。CD4013的真值表见表1。

CD4013的4脚为复位端，每次上电的瞬间电源正通过C5向4脚送复位电压（复位后由于R9的存在4脚很快降为0电平），使得Q端（1脚）为0，其反相输出端（2脚）为1，由于2、5脚连接，所以5脚也为1，6脚总接地为0，此时时钟端3脚若无正跳变，两输出端的状态会继续保持不变，当3脚出现正跳变时Q端即输出高电平，晶闸管获得控制电压而导通（灯亮），此时2、5变为0，待另一次正跳变从3脚输入时两输出端状态反转，即1脚为低，2脚为高（灯灭）。CD4013应采用低功耗的贴片封装件。

表1 CD4013真值表

3	5	4	6	1	2
cp	D	RD	SD	Q	$\overline{Q}$
↑	0	0	0	0	1
↑	1	0	0	1	0

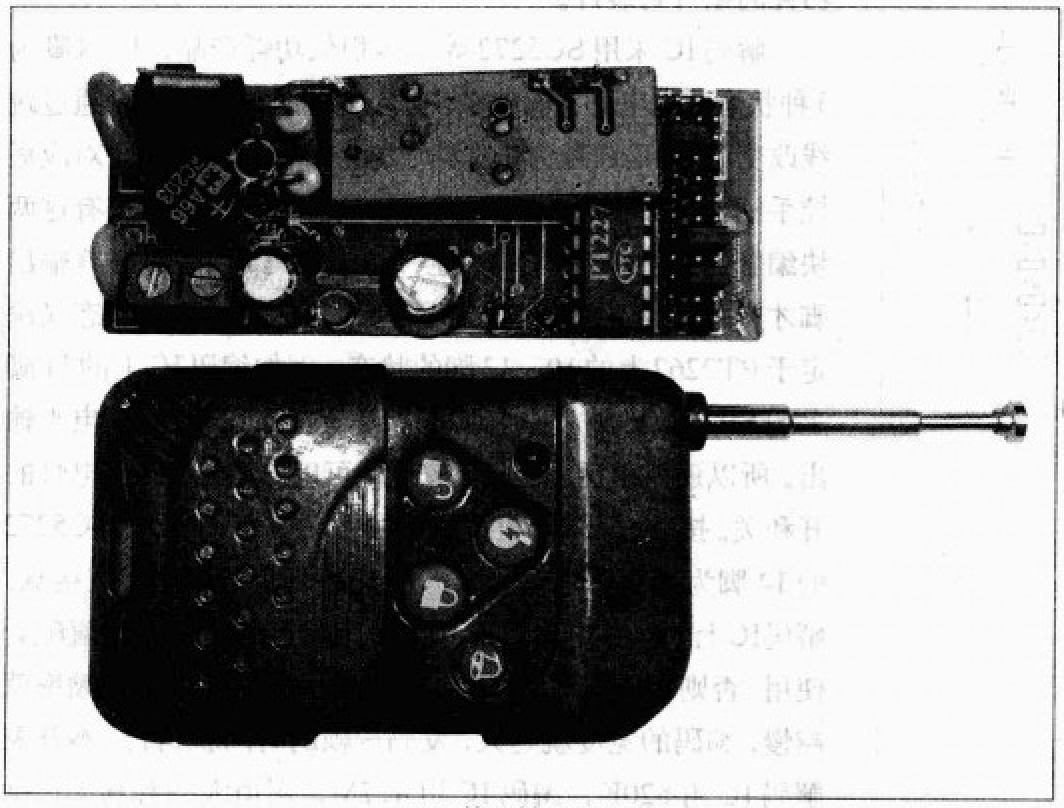
解码IC采用SC5272等小体积低功耗产品，1～8脚为3种状态（高电平、低电平、悬空）的地址编码端（通过跳线改变），编码数量为3的8次方＝6561组地址码。对应遥控手柄上的编码IC PT2262上的1～8脚地址端，只有这两块编解码IC上的地址码完全一致，解码IC的10～13输出脚才有相应的高电平输出。而这4个输出端的输出状态又决定于PT2262上的10～13脚的状态，例如编码IC上的11脚上的SB3按钮被按下时，解码IC上的11脚就有高电平输出。所以遥控手柄上的4个按键就可以分别控制4盏电灯的开和关。按一次开灯，再按一次同一个按钮就关灯。SC5272的14脚为编码信号输入端，15、16脚为振荡电阻连接端，解码IC上的振荡电阻值必须与编码IC上的振荡电阻值配套使用，否则也无法实现控制，振荡电阻阻值越大振荡频率就越慢，编码的宽度就越大，发码一帧的时间就越长。本开关解码IC用820K，编码IC用4.7M，阻值大些有利于正确解码。其他对应的配套值请参阅相关资料，本文不再赘述。17脚是解码有效确认输出端（常低），解码有效时变成高电平（瞬态）。其外接的VD9的作用是，当解码确认有效，17脚为高电平，与此同时10～13某脚之一也会向VD8/VD9的正端输出高电平。此时由于VD9两端等电位，无电流流过，高电平通过VD8送到CD4013的CP端使其输出翻转，达到控制目的。若由于干扰等原因导致10～13脚出现高电平，但17脚无解码确认信号，仍处于低电平，那么这个干扰的高电平信号将被VD9短路，使其无法通过VD8流向D触发器，使灯不会受干扰信号的控制。R1为压敏雷电泄漏电阻，起防雷作用。C1为防干扰电容，LED为开关位置指示灯，C2为晶闸管控制极保护电容。

整体电路的控制原理

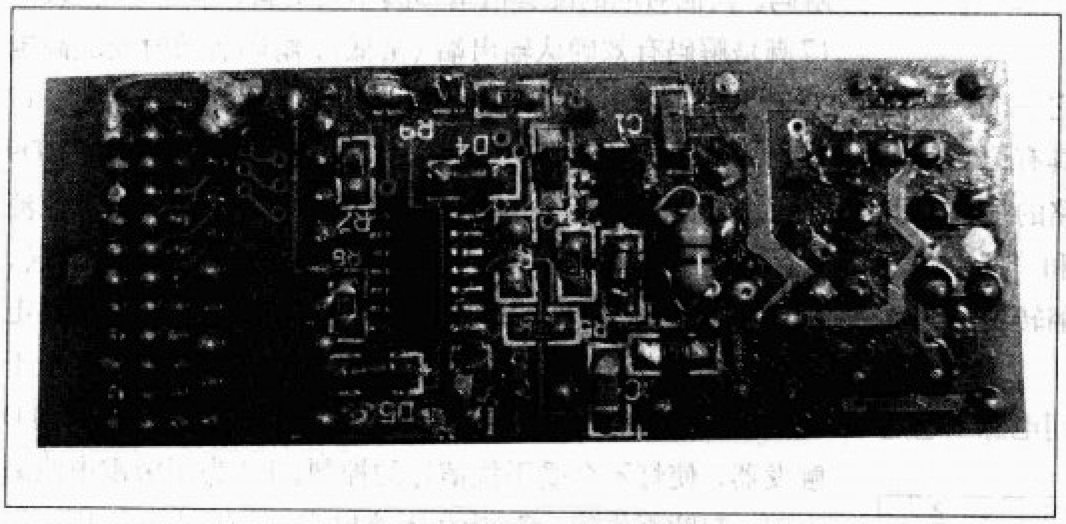
上电及停电再来电的瞬间，正电压经C5加到CD4013的4脚（RD端）CD4013复位使1脚输出为0，灯不亮，LED获得正常的发光电压而点亮（作为夜间手动开关的位置指示）。当遥控手柄上某一按钮（例如SB4）按下时，遥控手柄即将本机的地址编码及10脚高电位的信息，经315MHz载波（调制后的载波）从天线发射出去，在附近的同频接收模块收到这组载波信号后，经解调整形处理去载波，由2、3脚输出编码信号，传送到SC5272的14脚，经SC5272解码后从相应的10脚输出高电平，此电平通过隔离二极管VD8加到CD4013B的CP端3脚，使1脚变为高电平，通过隔离限流电阻R5，串联分压电阻R3，最后加到晶闸管VS1的控制极，晶闸管导通，电灯亮，R2与LED的串联回路被VS1、VD5、VD6的串联回路短路，其残留的端电压太低，不能继续维持LED的工作而熄灭。由于CD4013接成双稳态形式，其1脚保持高电平输出，灯亮保持。当用户再次按下遥控器手柄上的SB4时，同样的编码、同样的数据被送到SC5272，其10脚再次输出高电平，根据CD4013真值表可知，此时输出反转进入另一种稳态，即1脚输出低电平，晶闸管失去控制电压而在过0点时关闭，灯灭。要使灯再次点亮必须再次按下遥控手柄上的SB4。其他3路的开关控制，工作原理同上。

表2 元件规格表

标号	名称	规格	标号	名称	规格	标号	名称	规格
R0	水泥电阻	75k/1W	C1	防干扰电容	103M/1kV	KB	整流桥	2A
R1	压敏电阻	7D471	C2	贴片电容	104	LED	发光二极管	Φ3
R2	贴片电阻	150k	C3	贴片电容	680p	VS1	单向晶闸管	2A
R3	贴片电阻	10k	C4	电解电容	470μF/16V	VD5	整流二极管	RL207
R4	水泥电阻	75k/1W	C5	贴片电解电容	10μF/16V	VD6	整流二极管	RL207
R5	贴片电阻	22k	C6	电解电容	220μF/16V	VD7	肖特基二极管	小型
R6	贴片电阻	200	IC1	D触发器	CD4013B	VD8	贴片开关二极管	1N4148
R7	贴片电阻	120k	IC2	DC/DC升压	ME501	VD9	贴片开关二极管	1N4148
R8	贴片电阻	100	IC3	解码IC	SC5272	VDT	贴片稳压管	5.3V/1W
R9	贴片电阻	100k	MD	无线接收模块	工作电压3V	L1	电感	47μH
R10	贴片电阻	820k				L	电灯	
R11	贴片电阻	5.1k						



(a)无线遥控开关正面



(b)无线遥控开关背面

图4

为缩小电路板体积，此遥控开关能用贴片元件的地方全部采用贴片元件，见表2。

此遥控开关可以做得小于65mm×25mm，比遥控手柄的面积还要小，见图4。

整块遥控板可以置于多数明装、暗装开关盒的剩余空间内（要作好绝缘处理），这对改造非86型开关盒意义重大，只需将原拨动开关换成同类型的点动开关（电铃按钮）即可。按钮的两端接至S两端，每按一次就向CD4013第3脚输入一个高电平让稳态翻转，控制效果同无线遥控一样。

由于日光灯电感镇流器和电子镇流器的内阻很大，与其处于串联状态的单极型无线遥控开关得到的电流就很小，实验证明，用它直接控制某些厂家生产的功率小于15W的电子镇流器时，用无线控开困难（手控没问题），控关正常，这时应用跨接器跳通c、d两点，使R0与R4并联，使VDT上获得高一些的电压，以便适合日光灯的使用。

此电路同样可以使用到其他原来用手动开关控制的、控制电流不大于2A的电气设备上，如交流接触器的控制回路等。

隔墙遥控无障碍

——红外线遥控转发器的制作

文/苏　江

红外线遥控是家用电器最常用的遥控方式之一，其优点是易于实现、电磁辐射低、不影响周边环境，但与无线遥控相比，其不足之处是无法进行隔墙控制，遥控距离也比较近。目前，很多地区的有线电视系统进行数字化传输改造后，每部电视机外加机顶盒只能配接一台电视机，一些用户只能将卧室的电视机并联到客厅的机顶盒视频输出端上共享收看，但由于上面提到的原因，无法在卧室里用原有的机顶盒红外遥控器实现换台及设置等操作。为解决这一问题，笔者向大家介绍一种简单的红外线遥控转发器电路，通过它不仅可以有效增加红外线遥控的作用距离，还能用来控制隔壁房间的电视机顶盒、DVD 、卫星接收机等其他电器，就如同在电器面前操作一样方便。此外，本转发器也适用于工业应用场合。

通常红外线遥控转发器的电路有两种类型：一是直接转发式，就是将接收到的微弱红外载波信号进行放大增强后再次推动红外发射管转发出去，这种电路对输入信号的适应性较强，但容易混入各种杂散干扰；第二种则是类似于“二次包装”的方法，先将接收到的红外载波信号进行放大、选频、解调，得到纯净的脉冲编码方波，接着在本地对其进行重新调制，再通过红外发射管进行转发，其性能要优于前一种电路，但转发器的接收、调制频率需与待转发的信号保持一致，故显得不够灵活。以下的电路属于后一种方式。

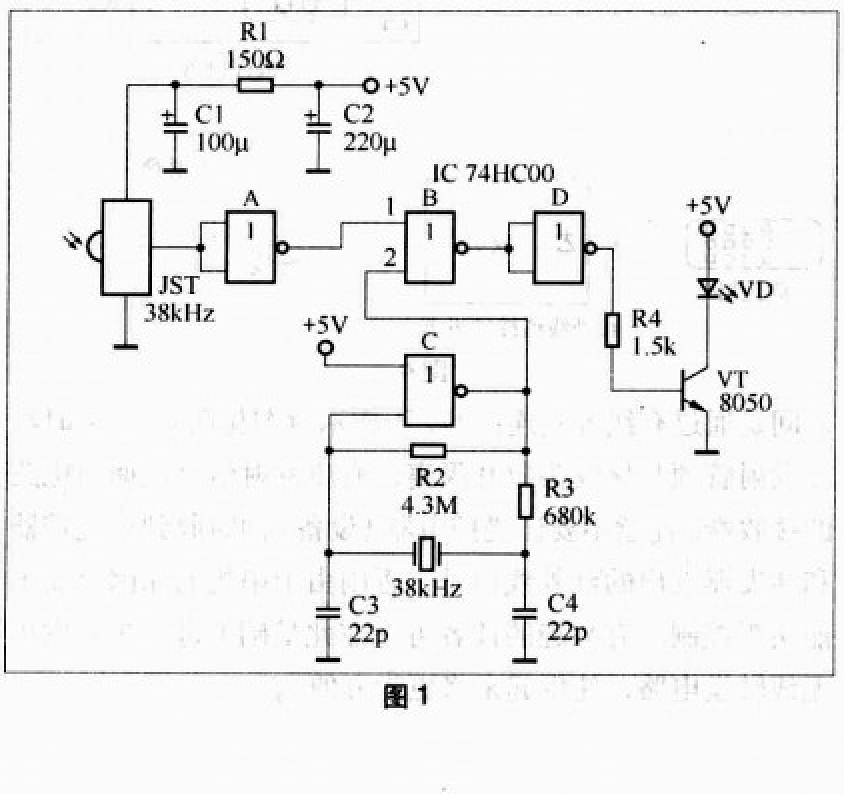


图1

转发器的电路如图1所示，由一块74HC00四与非门数字IC和少量外接元件构成。一体化红外线接收头JST负责将需要转发的红外载频信号还原出初始的编码信息，经过与非门A反相后送入与非门B的1脚输入端。与非门C则组成38kHz高稳定振荡电路，其输出接至与非门B的2脚输入端。由与非门B对1、2脚的输入信号进行相与调制，得到包含编码信息的38kHz载波信号，并经与非门D反相后送入三极管VT进行电流放大，然后驱动红外发射管对外发射出去。

为什么要使用A、D两级反相器呢？本电路的设计要求是当转发红外线信号时输出驱动级才开始工作，静态时驱动级则处于截止状态，以降低待机功耗。一般情况下，多数红外线接收头产品的静态输出为高电平，经过与非门A进行反相后，使与非门B的1脚输入端为低电平，根据与非门“有0出1，全1出0”的逻辑功能可知，与非门B将被强制输出高电平（而不论2脚输入端电平的高低），此高电平再次被与非门D反相后，就可以令三极管VT处于截止状态。如果所用的接收头静态输出为低电平，则应跳过与非门A，直接和与非门B的1脚连接。

本电路的设计工作频率为38kHz，这是国内家用电器使用较多的红外线遥控载频频率，红外线接收头和晶振均需按照38kHz的规格来购买，如要转发其他载波频率，只需同时更换相应规格的接收头和晶振即可，其他元件不用改动。也可以将晶振振荡电路改成RC振荡电路，但频率稳定性要差一些。电源为5V电压设计，这是红外线接收头的常见电压规格，整个电路静态电流约为6mA～7mA，长期通电使用时，宜用交流220V转直流5V的电源适配器来供电，市面上有成品出售，也可以用7805稳压IC自制，这

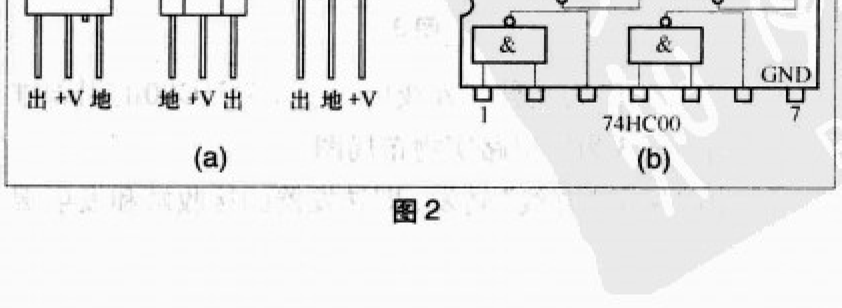


图2

实用电路模块应用

SC系列震动传感模块的应用

文/陈有卿

SC系列震动传感模块是一种通用性集震动和位移检测于一体的全方位固态控制器件，是目前作为报警和状态检测的理想选择。传感部分采用先进的固态加速度检测器件，既对震动有很高的探测灵敏度，又能对周围环境的声音信号进行抑制，具有很强的抗干扰能力，器件内部含有专用的控制芯片，应用非常方便，可直接带动小功率负载工作；也可以用一只晶体三极管进行电流放大后，推动继电器或晶闸管以完成报警任务。由于该模块工作在固态检测方式，不存在机械疲劳、灵敏度下降、误触发，不受环境湿度、温度影响，在−30℃～+65℃温度条件下均具有很好的一致性，所以它们可广泛用于机动车、保险柜、库房门窗等场合的防盗装置。

器件简介

SC系列震动传感模块应用最多的有SC−1、SC−2和SC−3三个品种，SC−1的特点是具有检测灵敏度和输出延时长短可调；SC−2的特点是体积小、具有超微功耗；SC−3则是高灵敏度、微功耗模拟型输出模块，使用电压范围较宽。本文重点介绍SC−1模块的应用。

SC−1模块的外形尺寸见图1（a）所示，内部电路框图见图1（b）。各引脚功能为：1脚为电源负端，2脚为检测灵敏度控制端，在2脚与电源正端间可接一只可调电阻器，

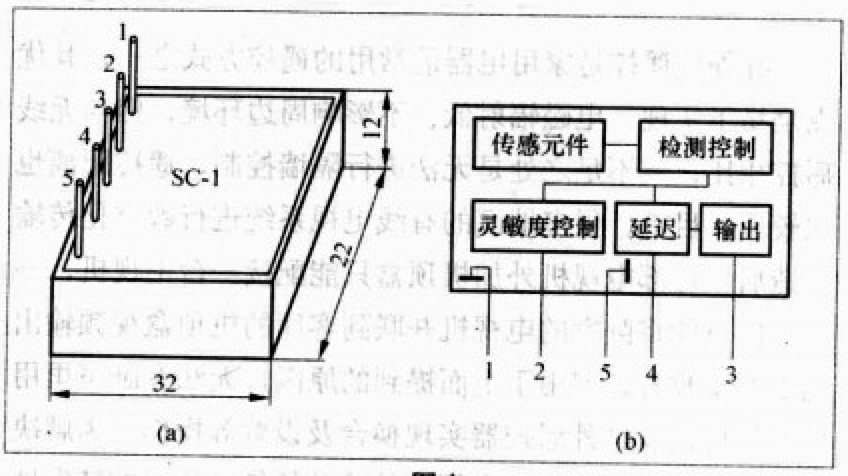


图1

阻值小，灵敏度低，阻值大，灵敏度高。2脚也可悬空，此时灵敏度为最高；3脚为输出端，当模块检测到震动与位移量时，3脚便输出一脉宽可调的高电平信号；4脚为内部定时电路延迟控制端，它外接延迟电容器，改变其电容量大小可以调节3脚输出高电平信号的脉宽，电容量大，脉宽长，反之则短；5脚为电源正端。

SC−1模块主要电参数有：工作电压范围3V～12V，静态电流500μA（3V电源电压时），探测灵敏度0.1g（重力加速度），频率范围0.5Hz～20Hz。

典型应用电路

SC−1模块的典型应用电路见图2所示。图2（a）为

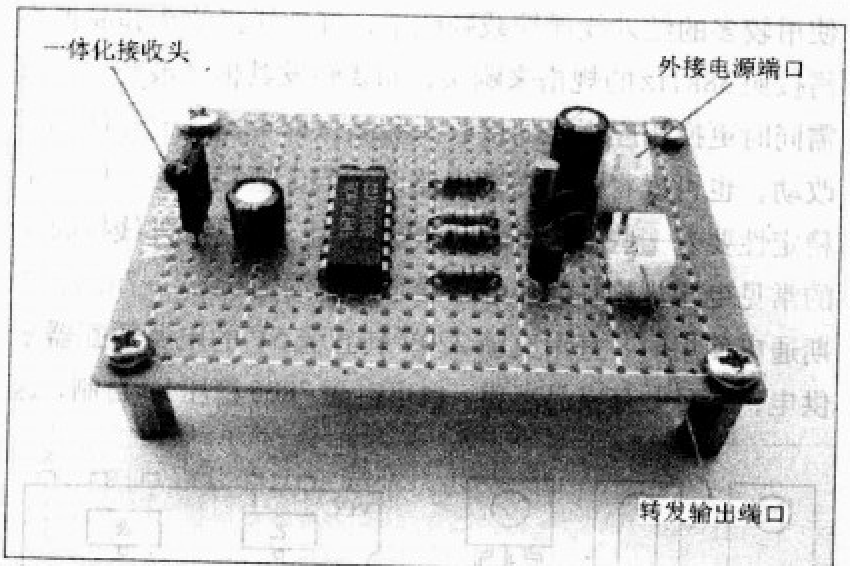


图3

里不再赘述。图2为几种红外线接收头及74HC00的引脚排列示意图。图3为该电路实物布局图。

本电路属于“有线”转发，即转发器的接收端和发射端

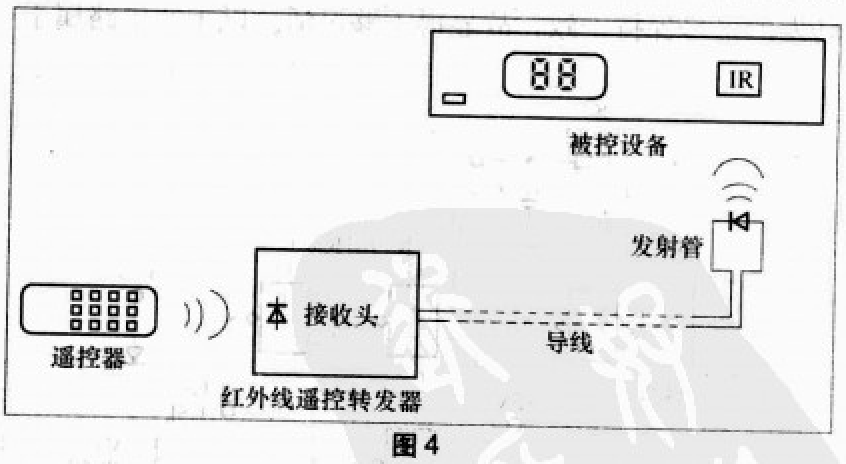


图4

之间是通过有线方式连接的，工作示意图见图4。安装时红外发射管须与接收头拉开隔离，避免发射信号反馈回电路的接收端。注意不要让受控电器（设备）同时收到原遥控器和转发器发出的红外线信号，否则由于串扰的原因反而不能实现控制。有兴趣的读者可以在此基础上进一步开发出无线转发电路，使用起来将更为方便。

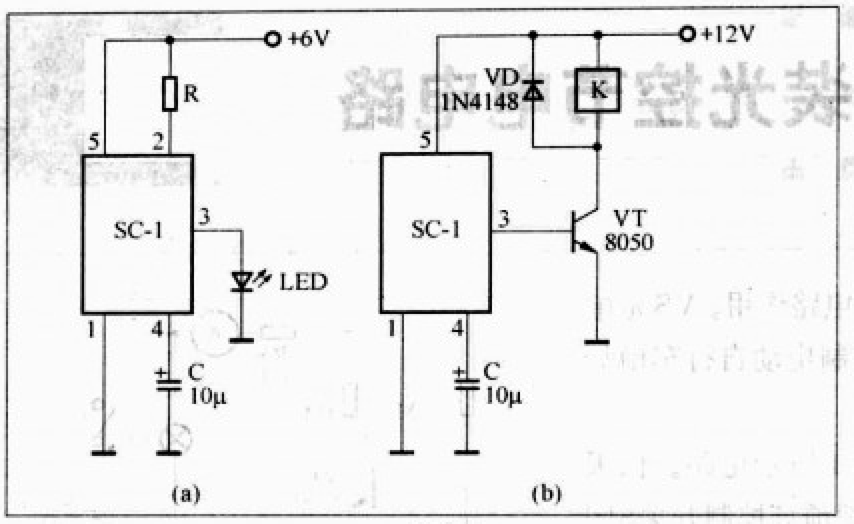


图2

驱动发光二极管电路，图中R是灵敏度调节电阻器，可在51kΩ～100kΩ间选用，阻值大，灵敏度高，也可不接。C为延迟电容器，取值大延迟时间长，一般在0.1μF～10μF间选用。本电路当模块受到晃动或振动（如遭到敲击等）时，模块3脚输出高电平，发光管LED即点亮，延迟后自动熄灭。如果持续振动，则LED常亮不灭。图2（b）为通过三极管VT的电流放大作用，来驱动继电器K工作，当模块受到振动，3脚输出高电平，VT导通，K吸合，其常开触点闭合可接通后续电路的电源，使其报警或作出其他相关动作等。

图3是一个用SC−1模块制作的实用震动式报警器，可用于库房门窗等防盗报警，也可将它固定在需要防盗报警的物品上，一旦物品被非法搬动，它就发出响亮的类似消防车电笛声的报警声响，如果停止搬动，响声可持续30s左右，如再次搬动，警报声又会大作。

报警器由震动模块、功率开关集成电路、火警音效报警音源等部分组成。

图中，RP1用来调节模块SC−1检测震动的触发灵敏度，可根据需要进行调整。C3为延迟电容，本电路取值较大为10μF，可获得30s左右的延迟。

火警音效报警音源由IC3与IC4两块NE555时基电路构成。时基电路IC3与外围元件组成锯齿波发生器，时基电路IC4与外围元件则接成典型的无稳态音频振荡器。当功率开关集成电路IC2开通时，两个振荡器即起振，C4两端将产生锯齿波电压，此锯齿波电压直接加至三极管VT的基极，VT接成射极跟随器，通过VT去控制时基电路IC4控制端第5脚电平，对由IC4等组成的无稳态音频振荡器进行调制，从而使时基电路IC4振荡频率从高→低→高→……循环变化，由于在C4的放电回路里添加了一只二极管VD，所以C4的放电时间常数极小，C4输出的锯齿波使IC4反复产生频率由高到低变化的音频，从而使扬声器B发出类似消防车电笛声的“啾……”模拟声响。调节RP2可调整声音循环变化的速率，调节RP3可改变音频的基音频率，为使电路发出的音效逼真，必要时需反复调整电位器RP2与RP3的阻值，直至效果满意为止。

IC2为功率开关集成电路，平时由于模块SC−1未受振动，IC1第3脚无高电平输出，IC2控制端5脚为低电平，IC2内部功率开关关断，第2、3脚无输出，所以由IC3、IC4构成的火警音效报警音源失电不工作，扬声器B无声。当有盗贼行窃，SC−1受到振动，3脚即输出高电平，经电阻R1、R2分压使IC2第5脚电平升至1.6V以上，IC2内部功率开关闭合，2、3脚即输出6V直流电压，火警音效报警音源得电工作，B就发出令人注意的报警声响。

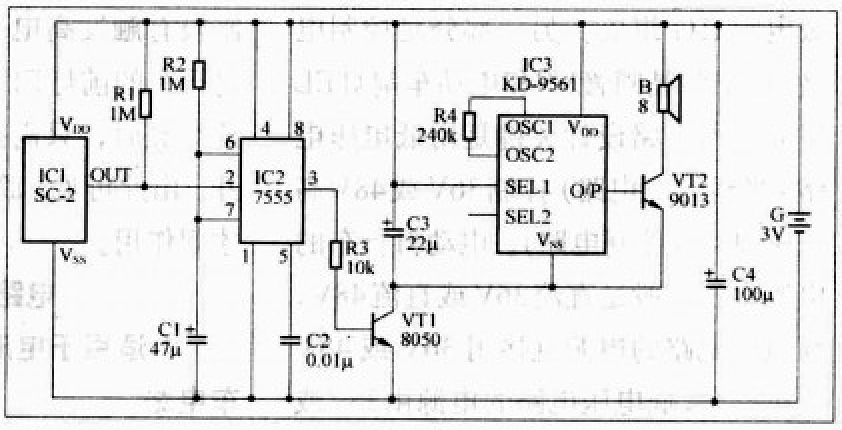


图4

图4是用SC−2制作的实用小巧袖珍式防盗报警器。它采用3V工作电压，不但工作电压低，而且静态功耗极小，为微安数量级，所以报警器不必设置电源开关。一旦它受到轻微震动，就会发出响亮的消防车电笛音效报警声，对盗贼有很强的威慑作用。

报警器主要由SC−2模块、CMOS型时基电路和四声模拟声音效集成电路等组成。

SC系列模块在实际应用时，都必须注意模块与被报警的物体要紧密接触，接触愈紧密，检测灵敏度就愈高，一般可采用环氧树脂胶粘贴进行固定。

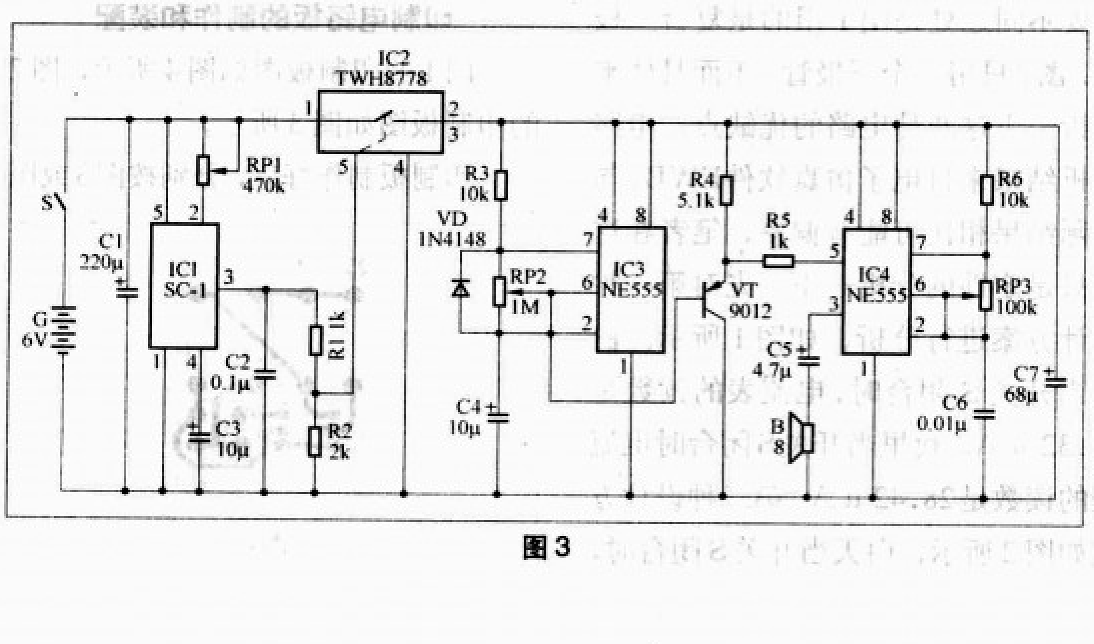


图3

为电动车车灯加装光控节电电路

文/李亚兵

日常使用电动自行车时，晚上出行打开了前灯，回到家忘了关前灯就直接拔掉电源钥匙，白天骑电动自行车再出行时车灯还会亮着，但骑车人不易发现此情况。不仅白白浪费了电能，而且缩短了灯泡的使用寿命。车和灯同时工作会增大电池的输出电流，时间长了也会影响电动自行车电池的使用寿命。基于此，笔者设计出此光控节电电路，白天不管电动自行车的前灯开关是开启还是关闭，前灯都不会亮，只有到了晚上电动自行车的前灯才有可能亮。

电路组成

本电路由两部分组成，如图1所示。一部分是光线感测电路，由电阻R1、R2、R3，三极管VTI、VT2和光敏电阻RG组成；另一部分是控制电路，由单向晶闸管VS和电动车前灯EL组成。本电路设计关键是用低电压电路（光线感测电路）控制36V或48V高电压电路（控制电路）。电动自行车的电源电压一般是直流36V或直流48V，高电压电路的电源直接用36V或48V就可以了，低电压电路的电源由36V或48V的电池降压后提供。本电路采用电阻式降压，图中电阻R1、R2和R3就是降压偏置电阻，给三极管基极和发射极提供合适的电压，三极管VTI、VT2工作在开关状态，起到低电压电路控制后级高电压电路作用。VS是单向晶闸管，用以控制电动自行车前灯的明和灭。

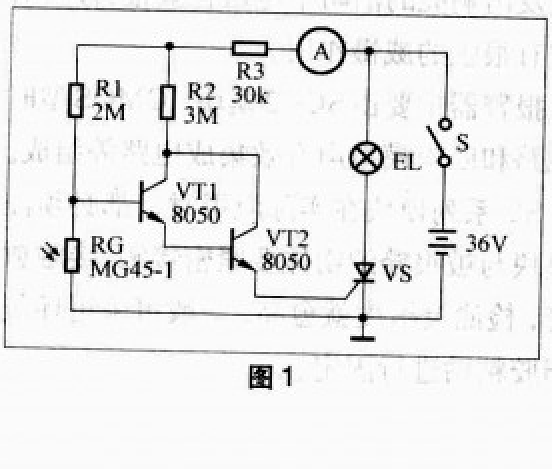


图1

工作原理见图1所示电路。白天时，如由于疏忽而把前灯控制开关S闭合，前灯也不会亮，因为白天光敏电阻RG接受光线后其内电阻阻值变小，相当于三极管VT1基极接地，因三极管的基极电压很低，三极管处在截止状态，单向晶闸管VS因控制极无触发高电平而截止，电动自行车的前灯EL就不会亮，起到节电的目的。当光线很暗，骑车人看不清路时，闭合前灯开关S，因光敏电阻RG接收的光线非常弱，其内电阻阻值变大，这时电源电压经过电阻R1加到三极管VT1基极上，三极管将饱和导通，单向晶闸管VS因控制极有触发高电平而导通，这时电动自行车的前灯EL得电点亮，要想不让前灯亮时，只需把前灯控制开关S断开。由此可见，晚上，前灯控制开关S才起作用。

电路的设计

1.适用于电池为36V的电动自行车电路

考虑经济和省电问题，本电路设计出两种方案，供读者选择。两种电路主要不同之处是图1用的是复合三极管，图2只用一个三极管。下面具体来分析一下这两种电路的优缺点。电路分析结果来自电子仿真软件EWB，与实际结果相比可能有偏差，笔者在这里只是定性的分析一下。先对第一种设计方案进行分析，如图1所示。白天当开关S闭合时，电流表的读数是21.32μA，夜里当开关S闭合时电流表的读数是28.42μA。第二种设计方案如图2所示，白天当开关S闭合时，

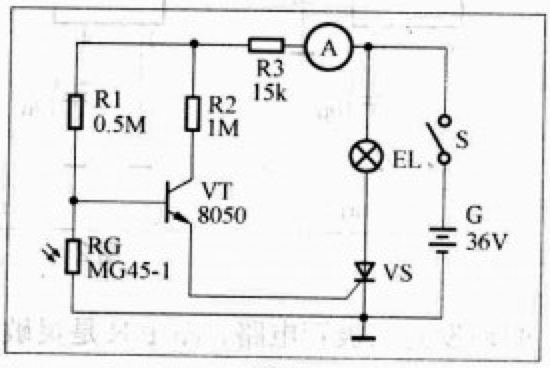


图2

电流表的读数是71.05μA，夜里当开关S闭合时电流表的读数是106.6μA。不难发现，第一种设计方案省电，但用的元件多。第二种设计方案用的元件少，但有点费电，根据需要读者可自行选择。

2.适用于电池为48V的电动自行车电路

与设计电池为36V的电动自行车方案相类似，也有两种方案。第一种设计方案与图1相似，只是R3阻值选为45kΩ，白天当开关S闭合时，电流表的读数是21.32μA，夜里当开关S闭合时电流表的读数是28.42μA。第二种设计方案与图2相似，只是R1选1MΩ，R2选1.5MΩ，R3选30kΩ，白天当开关S闭合时，电流表的读数是56.84μA，夜里当开关S闭合时电流表的读数是78.16μA。根据需要读者可自行选择。

印制电路板的制作和装配

图1的印制板图如图4所示，图2的印制板图如图3所示。

印制板制作好后，分别按图3或图

图3

上期《花1元钱打造一个LED灯恒流源》一文受到了广大读者的关注，很多读者就该文章介绍的热敏电阻的使用提出了不少问题，经过该文作者的整理，现将比较集中、有代表性的问题进行解答。

《花1元钱打造一个LED灯恒流源》问答篇

文/李发嘉

一、用单元电路进行积木式组合时对电源的要求是什么？

直流电源的输出电压由N个单元电路串联后的工作电压之和确定，直流电源的输出电流由N路单元电路的电流之和确定。如采用输入电压有较大变化的220V AC/DC转换的直流电源，请考虑稳压措施。

二、MZD单元电路中的LED只数能否增减，会影响恒流特性吗？

型号“5A20”中的“5”是指5只LED/20mA灯，“A”是指串联，“20”是指20mA恒流电流，这是该型号应用的最佳组合。如只串联3只或4只LED，恒流特性是一条下陡的电流曲线(过补偿曲线)，这样应用也完全没有问题。如串联6只或7只LED，恒流特性是一条上翘的电流曲线(欠补偿曲线)，组合后进行检测，如在高温80℃时，回路电流不超过LED的最大值25mA，仍可以应用，新组合的单元工作电压$U = 3V + V_F \times N$，工作电流$I = 20mA$。

型号“5B100”中的“5”是指5只LED/20mA灯，“B”指并联，“100”指100mA恒流电流，这也是该型号应用的最佳组合，如果并联3只或4只LED，恒流特性是一条下陡的过补偿曲线，就完全可以应用。如果并联6只或7只LED，将是上翘的欠补偿曲线，如实验检测，回路电流在80℃时还在额定值内，仍可应用。新组合的单元工作电压U应这样确定，用可调式直流电源接入新组成的单元电路，将回路电流调到最佳值(N个LED电流值之和)，对应的电压值即工作电压U。

三、采用标准直流电源24V、12V、9V、4.5V时，如何组合应用？

原则上先考虑单元电路的串联个数，后选择LED的V_F电压.

例1：12V电源：应采用3个5B100单元电路串联，单元工作电压是12V÷3＝4V，在根据4V－0.65V(5B100压降)＝3.35V，应选V_F3.3V或3.4V的LED。该方法也适用24V电源。

例2：4.5V电源：应采用1个5B100单元电路，根据4.5V－0.65V＝3.85V，应选V_F3.8V或3.9V的LED。该方法也适用9V电源。

例3：4.5V电源和V_F3.4V的LED没有选择余地时，如何组合？可用1个5B100单元电路，它的工作电压$U = 0.65V + 3.4V = 4.05V$，再串一个5B100电阻0.65V，总电压是4.7V，完全可接入4.5V的标准电源。它的恒流特性是一条下陡的过补偿曲线，见上期文章内的“MZD过补偿保护的巧妙应用”部分。

四、组合后的LED灯如何检测它的效果？

采用热敏电阻补偿法的LED恒流源，电路简洁，组合方便，适用各种需求。应用中的检测方法也简单：用一只电流表串联在回路中，在常温20℃～30℃时调试好最佳工作电流(20mA或100mA)，并作好记录，在低温区－40℃记下电流值，在高温区80℃记下电流值，三点温度对比，一般电流误差值在10%内，即为合格。读者也可以利用温度表、冰箱、暖风机或电吹风对制作好的LED灯的性能进行检验。该应用组合变化无穷，相信你会把它应用得更好。

重要更正：上期邮购栏汇款卡号有误，应为：常州农行金穗卡 62284 80411 19835 5413

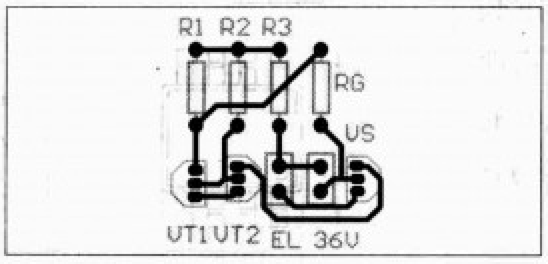


图4

4进行安装和焊接。在安装光敏电阻RG时要注意，最好用引线把它引到采光好的位置，使电路更好地控制电动车的前

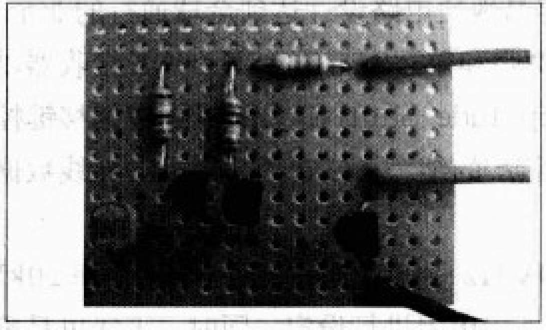


图5

灯。把焊好的电路接到电动车上时，首先把电动车前灯的2根线剪断，现在就有4根线头，和前灯相连的两根线接到EL接线端上，接着用万用表电压挡检测另外两根线以区别其正极负极，测量时应把电动车的前灯控制开关闭合，最后按要求接到电路板上。该电路基本上不用调试就可以正常工作。

该电路布局外观见图5，成本低、易制作，可用在电动自行车、电动三轮车和摩托车上，有广泛的使用价值。

新品速递

新型无线收发集成电路

文 / 吴红奎

MAX2170：可用于三频段、双模移动电视和数字广播的 RF 调谐器集成电路

MAX2170是Maxim公司推出的RF调谐器IC，可用于VHF的H、L频段双模移动电视以及数字音频广播(DAB)和数字多媒体广播(T-DMB)。MAX2170集成了低噪声的L频段前端(3dB噪声系数)，无需外部低噪声放大器（LNB），有利于降低成本和缩小电路尺寸。当调谐到VHF频率时，MAX2170片上集成的跟踪滤波器可抑制带外干扰，该滤波器同时也作为可选的FM频段滤波器使用。MAX2170采用2.7V～3.3V的单电源工作，片上包含了构建低中频电视／广播调谐器所需的所有电路单元，在L频段低功耗模式下仅消耗150mW（典型值)的功率，除了晶振和某些应用所需的L频段可选的滤波器以外，所需要的外围元件非常少。MAX2170使用单一的24.576MHz的晶振，频率合成器的固定的分频比为1，同系列的还有MAX2171，频率合成器的固定的分频比为3。

MAX2170可以适应−40℃～+85℃的工作温度，采用无引脚的6mm × 6mm、40端子的QFN封装。附表是MAX2170的主要技术参数，图1是它的封装外形图。MAX2170的电子文档可以通过Maxim的网站向该公司申请或者从www.maxim-ic.com.cn/getds.cfm?qv_pk=5471&ln=cn下载预览文档。

附表 MAX2170的主要技术参数（T_A= 25℃，有特别说明者除外）

技术参数		典型值
工作温度范围		−40° C～+85° C
工作电压范围		2.7V～3.3V
晶振频率		24.576MHz
频率合成器的固定分频比		1
灵敏度	VHF L 频段	−101dBm
	VHF H 频段	−99dBm
	FM 频段	−109dBm

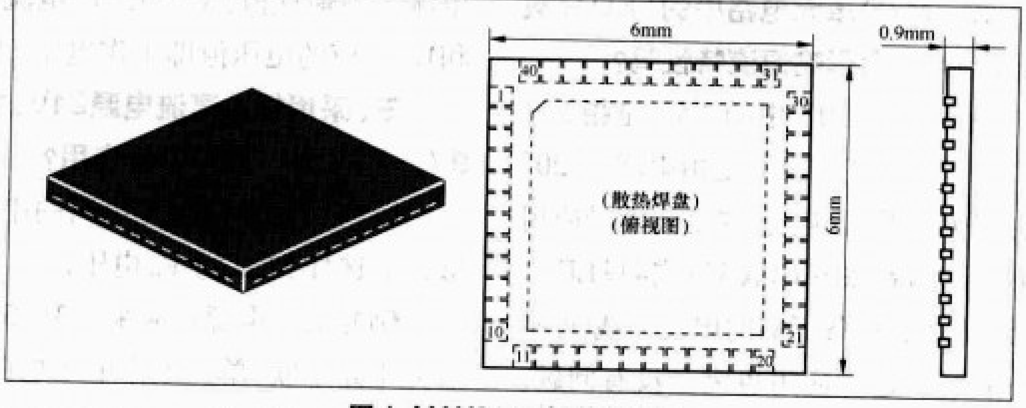


图1 MAX2170封装外形图

MICRF102：采用 QwikRadio™ 技术的 UHF ASK 发射集成电路

MICRF102是Micrel公司推出的单片无线发射芯片，采用了该公司开发的QwikRadio™技术，一种发射端谐振回路自动调谐技术，被该公司宣称可以实现真正的“数据输入，无线输出”的自动调谐发射技术，发射天线谐振回路由片内自动调谐电路完成而无需手动调谐，这种单片自动调谐发射芯片有助于实现低成本、小体积、高可靠性的无线发射应用，如无线键盘、远程遥控门禁系统、遥控风扇、照明开关、无线传感数据传输等。

MICRF102采用了新型体系结构，可将外部天线环路全部调谐到内部输出级自动调谐回路中（UHF合成器)，能够比较容易地使电路设计达到全球通行的业余UHF频段无线通信规范的要求，与所有的双边宽带和单边窄带的ASK/OOK接收器以及高性能的超外差接收机相兼容。ASK是Amplitude Shift Keying（振幅偏移键控法）的缩写，OOK是On-Off Keyed(开关键控法)的缩写，二者都是常见的无线数据编码方法。

MICRF102的发射频率范围是300MHz～470MHz，数据传输速率20kbit/s～100kbit/s，发射功率可以通过PC脚的外接电阻进行设定，同时，天线也是影响实际发射功率的决定性因素之一。将MICRF102发射器与Micrel系列的天线接收芯片MICRF001/002/022/003/004/007配合使用，可实现完整的无线数据发射和接收功

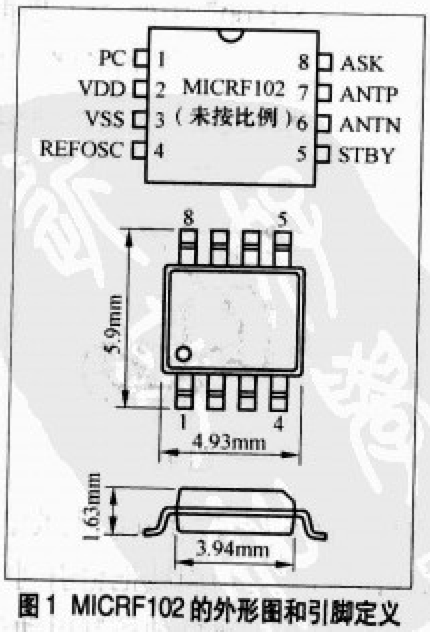


图1 MICRF102的外形图和引脚定义

能。

MICRF102采用8引脚的扁平SOIC8封装，图1是它的外形图和引脚定义，图2是它的典型应用电路原理图，附表是它的主要技术参数，它的电子数据文档可以从www.micrel.com/_PDF/micrf102.pdf下载。

附表 MICRF102的主要技术参数

技术参数	典型值
工作电源电压范围	4.7V～5.5V
电源电压纹波耐受能力	10mV
待机电流	＜0.04μA
工作电流	＜12mA
工作环境温度范围	－40℃ ～＋85℃
可编程发射频率范围	300MHz～470MHz
发射功率	−4dBm
ASK方式最大数据传输速率	不小于20kbit/s

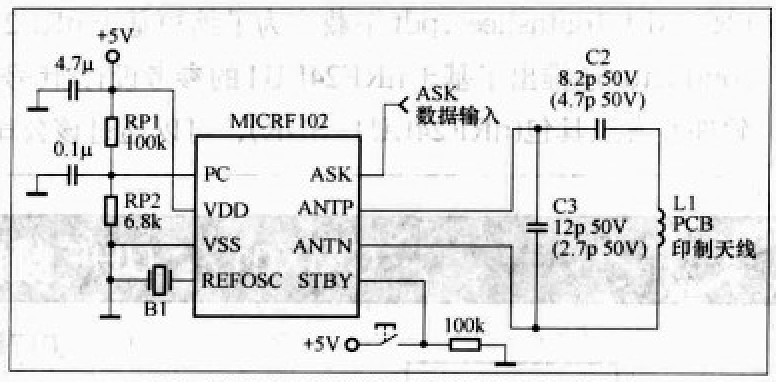


图2 MICRF102的典型应用电路原理图

nRF24LU1：集成USB控制器和Flash内存的单片2.4GHz发射集成电路

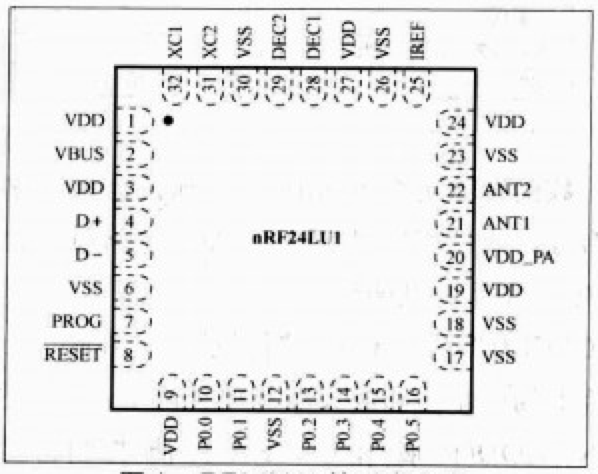


图1 nRF24LU1的引脚定义

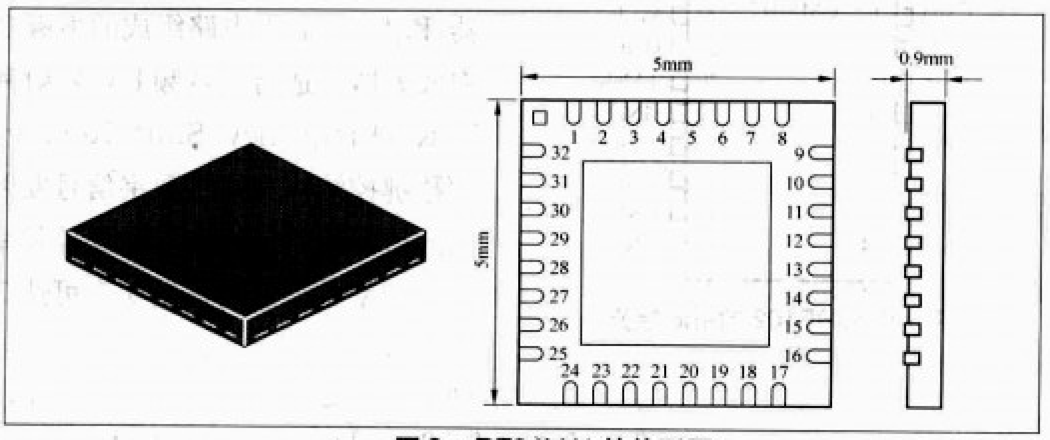


图2 nRF24LU1的外形图

nRF24LU1是Nordic Semiconductor公司推出的2.4GHz单片发射集成电路，采用基于增强型猝发数据传输的硬件链路层，集成USB 2.0控制器和8051 MCU内核以及16KB的Flash内存、2KB的SRAM（静态随机存取内存）。在硬件结构上，nRF24LU1相当于一个nRF24L01、一个USB 2.0全速控制器、一个8位MCU和16KB的Flash内存的集成，与该公司的nRF24L01、nRF2401A、nRF2402、nRF24E1 、nRF24E2在无线传输规范上也是完全兼容的。

nRF24LU1是专门为USB接口的超低功率无线外设量身打造的单芯片解决方案，它采用AES加密技术进行安全的数据传输，试图同时兼顾体积、性能和安全方面的苛刻要求。nRF24LU1可用于设计紧凑、高性能的无线USB外设，如无线鼠标、键盘、游戏控制器以及高级媒体中心的无线遥控系统。另外，该公司还有专门用于无线音频传输的发射集成电路nRF24Z1，通过S/PDIF接口直接PC进行高质量的数字数据传输。

nRF24LU1采用无引脚的5mm×5mm 的QFN32封装，图1是它的引脚定义，图2是它的外形图，图3是它的典型应用电路原理图，附

附表 NRF24LU1的主要技术参数

技术参数	典型值
工作频段	2.4GHz ISM（2.400GHz−2.4835GHz）
无线发射数据传输速率	1Mbit/s或者2Mbit/s
调制方式	GFSK（高速频移键控）
射频信道数量	16
输出功率	0、−6dB、−12dB、−18dBm可编程
工作电压范围	3.05V−3.5V
总线电平	4.0V～5.25V
工作状态平均电流消耗	25mA
待机电流	470μA
工作温度范围	−40° −+85°

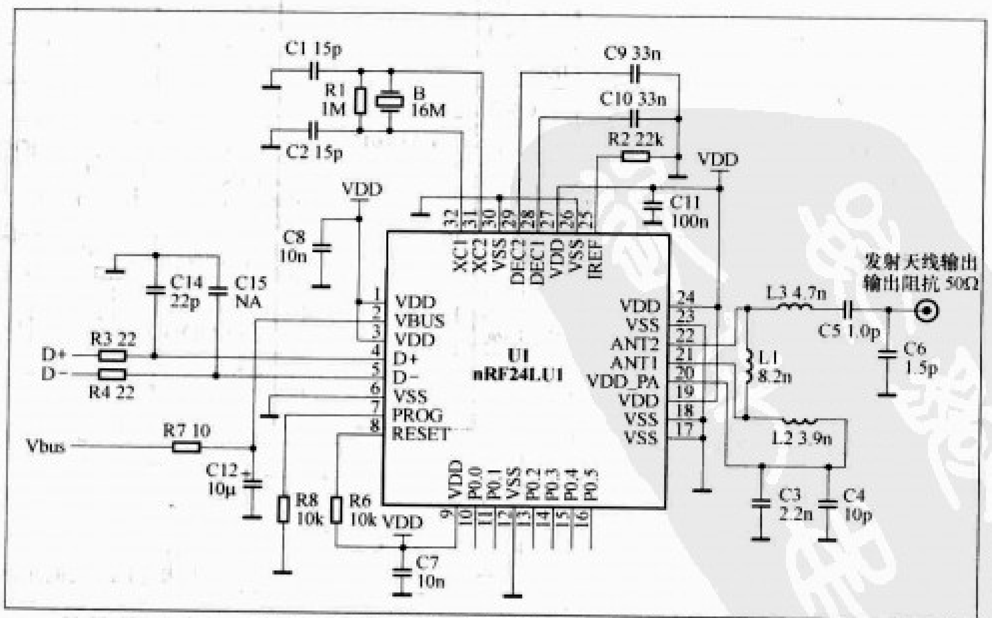


图3 nRF24LU1的典型应用电路原理图

表是它的主要技术参数表，它的电子数据文档可以从 www.nordicsemi.no/files/Product/data_sheet/nRF24LU1datasheet.pdf 下载。为了缩短基于 nRF24LU1 的产品开发周期、降低开发成本和风险，Nordic Semiconductor还推出了基于nRF24LU1的参考设计(代号: nRF24LU1-DONGLE)、硬件开发工具包(nRF24LU1-DK)、软件开发工具包(nRF24LU1-SDK)，可以通过该公司的网站下载或者在线申请。

CMX017：UHF 频段 FM/FSK 发射集成电路

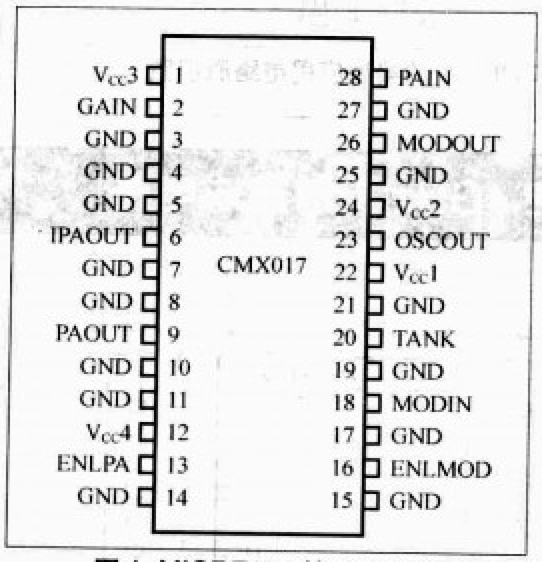


图 1 MICRF102 的引脚定义

CMX017是Consumer Microcircuits Limited 公司推出的单片FM/FSK 发射集成电路，工作于UHF 频段（860MHz~965MHz），片上集成RF VCO(射频压控振荡器)和由2级放大电路组成的射频功率放大器，适合于音频FM 发射和FSK（Frequency Shift Keying，频移键控法）方式的数字信号发射，数据传输速率 500kbit/s，振荡器缓冲输出的射频信号可用来驱动外部频率合成器或锁相环(PLL)，从而稳定信道的频率，功率放大器的输出功率可达 20dB，并且可以调整。

附表 CMX017 的主要技术参数

技术参数	典型值
额定工作电源电压范围	2.7V－3.3V
额定工作频率范围	860MHz~965MHz
工作环境温度	-10℃~+60 ℃
最大耗散功率	1100mW
最大电流消耗	130mA
休眠待机电流	< 10mA
功率增益	22dB
带有外部匹配网络时的功率增益	24dB
发射功率	≤ +20dBm(100mW)

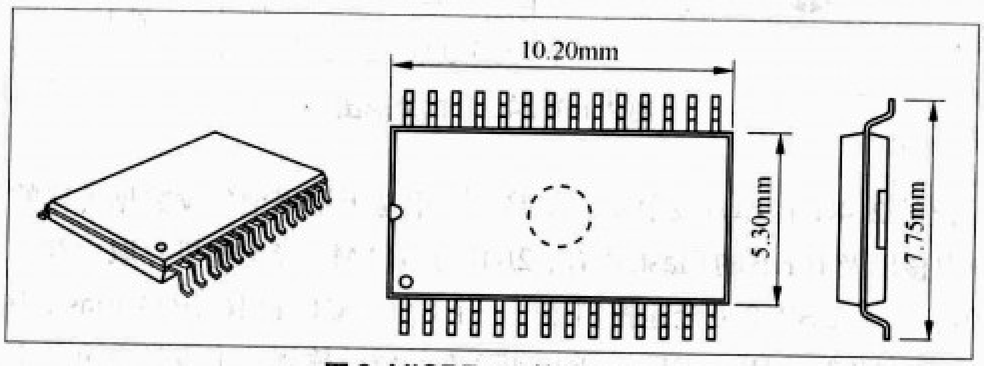


图 2 MICRF102 的外形图

CMX017还具有节电“待机”和“休眠”功能，片上的调制器和放大器可单独供电，并可通过ENLMOD(16 脚)和 ENLPA(13 脚)控制它们的工作状态。其中“休眠”状态的电流消耗小于 10μA，被该公司称之为“零功率状态”；而在“待机”状态下，只有射频功率放大器被关闭，调制器和缓冲振荡级仍处于正常工作状态，这样外部频率合成器就仍然可以从 CMX017 获得射频信号的频率，从而稳定信道的中心频率。

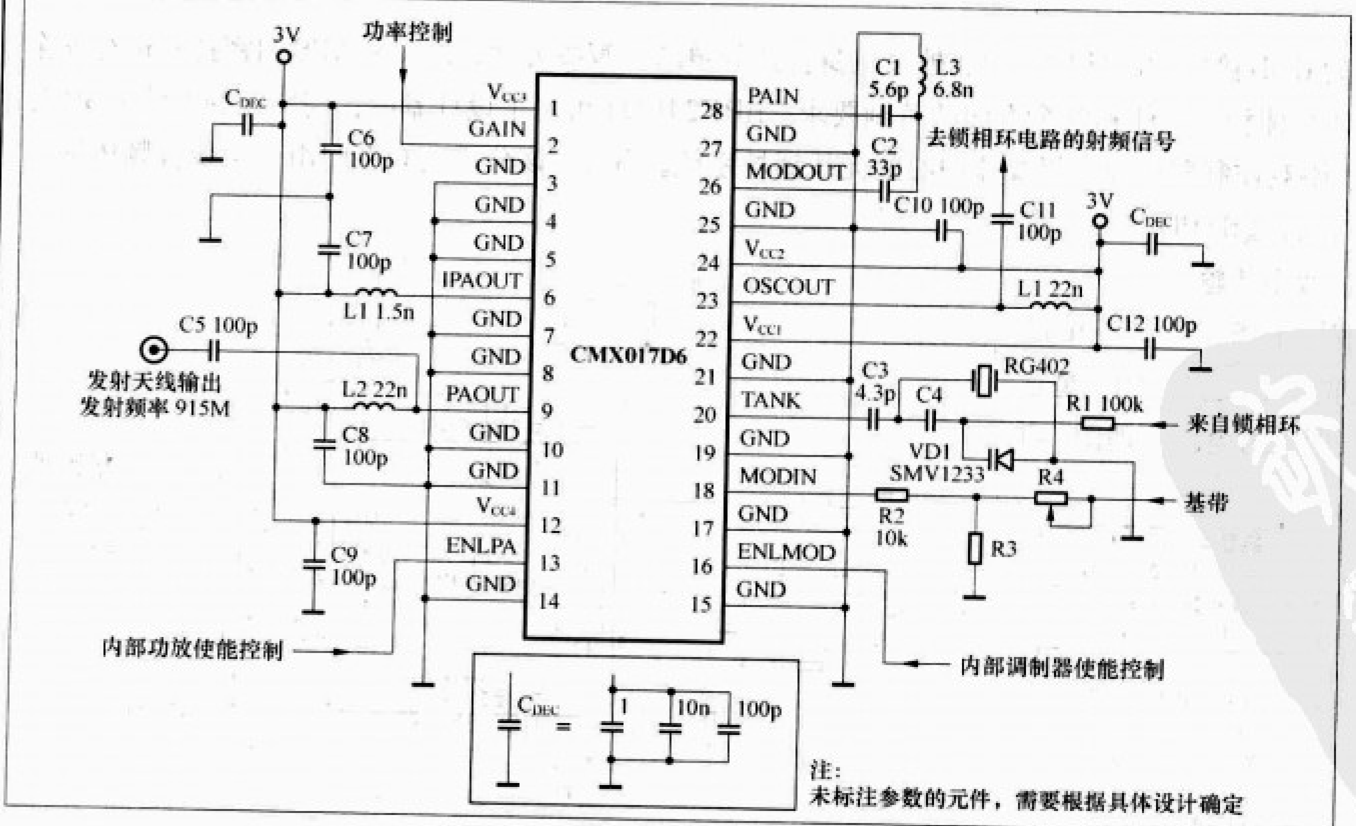


图 3 MICRF102 的典型应用电路原理图

CMX017 采用 28 引脚的 SSOP28 扁平封装，引脚定义参见图1，外形图参见图2，典型应用电路参见图3，主要技术参数见附表，电子数据文档可以从 www.celects.com/Products/Datasheets/obsolete/docs/cmx017ds.pdf 下载。

高效大功率单电池升压器

文 / 王红星

在以往的单节电池升压电路中，比较实用的电路输出功率都不大，只能稳定输出9V/10mA，约100mW，而现在的一些数字万用表在200μF等挡位耗电达20mA甚至更多。为此，笔者设计制作出一种升压电路，可以稳定输出1W，而且效率高达80%，工作频率约18kHz。该电路的创新点在于复合正反馈电路和间歇振荡器的结合。便携式仪表、单节电池的LED手电、使用电池的手机应急充电器等都可以用该电路或参照它，该电路所需元件很容易找到，而且成本远低于采用专用升压IC的电路。电路如图1所示。

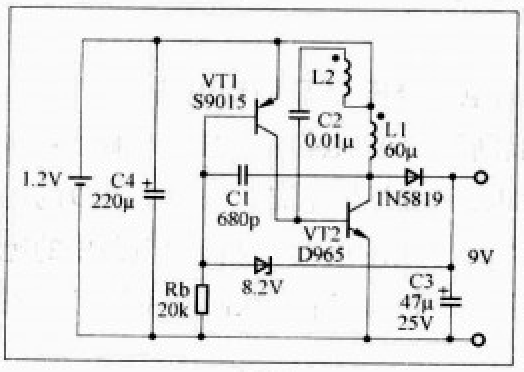


图1

图2、3是比较经典的升压电路，笔者经过对图2的试制，发现调小R2可以使输出功率加大一点，但小至200Ω时，耗电大增，输出反而下跌至2V～3V，笔者将输出三极管换成D965也无改善。为此，笔者设计了图1所示电路。

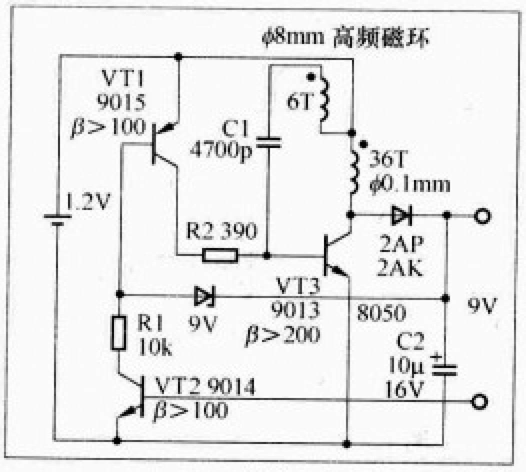


图2

电路分析

图1实际上是从图3改进而来，都是互补多谐振荡电路，为了输出大功率，L1采用了较小的60μH电感，这时空载耗电为80mA。笔者分析空载时，VT1的导通电阻较大，经过C1的正反馈电压被大幅度衰减，因此加入了L2、C2的正反馈支路，结果相当理想，空载耗电降为3mA，输出能力和效率都有提高。该电路的特性见附表，实验使用1.240V稳压电源。R_b为20kΩ、10kΩ、5kΩ时分别可以稳定输出300mW、500mW、1W，Rb为10kΩ、5kΩ时空载耗电略有增加，效率略有降低。更大的输出功率对单节电池不太合适。

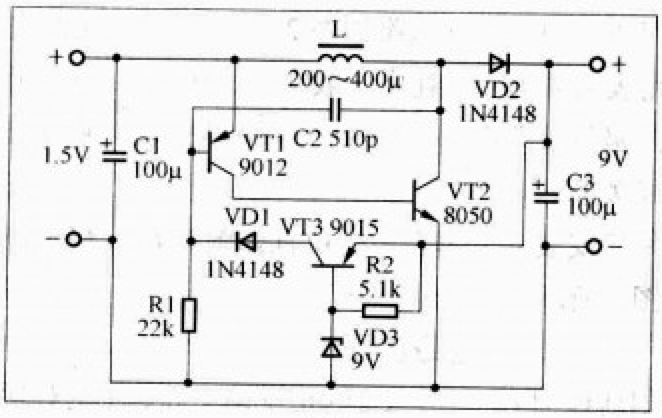


图3

附表 不同负载电阻时的电路特性

负载电阻（Ω）	——	3200	995	301	147.5	97.5
输出电压（V）	8.86	8.86	8.84	8.75	6.70	5.45
耗电（mA）	3.0	26.0	79	253	298	304
效率（%）	——	76.1	80.2	81.1	82.2	80.8

元器件及制作关键

制作时，电感L1、L2和D965是关键，L1可用老电视机中常见的圆柱形滤波电感，外形φ9mm×12mm，在工字形磁芯上有40匝。笔者还试过很容易得到的坏PC电源上的−12V、−5V的滤波电感，外形同老电视机中的圆柱形滤波电感相似，实测100μH，输出能力无区别，但是效率明显降低，空载耗电也略低些，工作频率降到约15kHz，大功率输出时可听见L1的尖叫声，将它的51.5匝线拆去11匝，即为60μH，可以达到前述60μH的效果。L2是用φ0.31mm漆包线在L1上绕的4匝，绕2～24匝或更多均可正常工作，区别不大，4～8匝时最优，绕制时要注意同名端。VT2采用D965，TO−92封装，40V/5A、0.75W，饱和压降较低，β值实测为

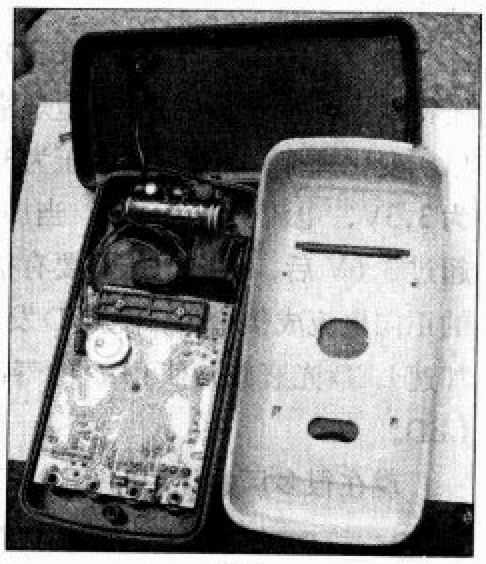


图4

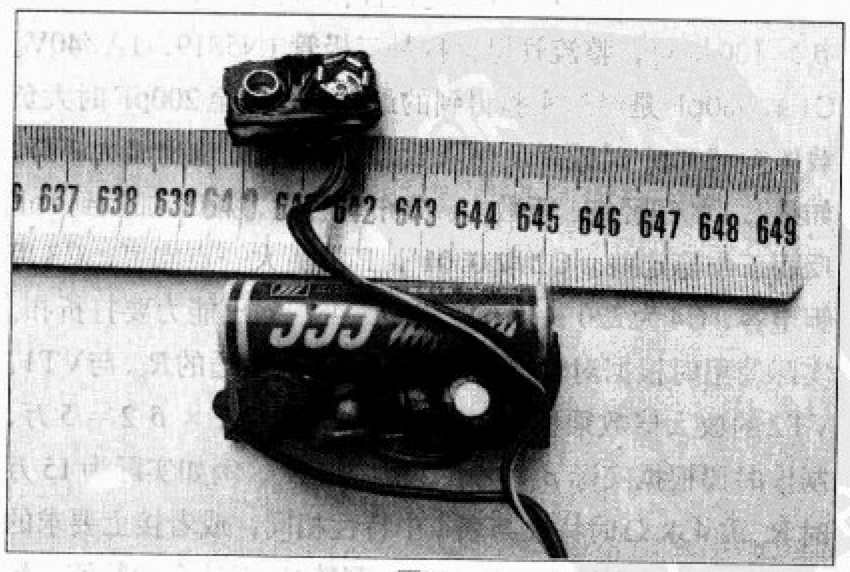


图5

常用LED驱动电路

文/杨清德

编者按： 本文摘自人民邮电出版社2007年12月出版的《LED及其工程应用》一书，该书结合近年来LED的技术发展趋势和工程应用实际，系统地介绍了LED的基础理论及其在景观照明、广告设计及室内外装饰工程等领域中的应用知识，并且对工程施工中的常见问题进行了比较详细的分析，注重实用性和资料性。希望本文对读者学习LED驱动电路的基本知识有所帮助。

LED电源驱动有多种方案可供选择，但无论采取哪种方案，一般都不能直接给LED供电。根据不同使用情况，在LED电源变换器的技术实现上有不同方案。从供电电压的高低，可以将LED电源驱动器分成低压驱动（供电电压0.8V~1.65V）、过渡电压驱动（供电电压4V）、高压驱动（供电电压大于5V）和市电供电等四类。

1.电容降压式LED驱动电路

用一个电压源串接一个电阻与LED相连，这是让LED工作的最简单的方式。只要工作电压(V_B)保持恒定，LED就可以发出恒定强度的光(尽管随着环境温度的升高光强会减小)。通过改变串联电阻的阻值能够将光强调节至所需要的强度。

由于LED的生产厂家及LED的规格不同，其电流、电压特性均有差异。以LED典型规格为例，按照LED的电流、电压变化规律，一般正向电压为3.0V~3.6V，典型电压值为3.3V，电流值为20mA。当加在LED 两端的正向电压超过3.6V后，正向电压只要有很小的增加都会导致LED的正向电流成倍增长，使LED发光体温度过快上升，从而加速LED光衰减，使LED的寿命缩短，严重时甚至烧坏LED。

现在很多厂家生产的LED灯类产品(比如护栏、灯杯、投射灯)都采用阻容降压方式，再加上一个稳压二极管稳压后，向LED供电。采用阻容降压方式驱动LED时，LED的亮度不能稳定。当供电电源电压较低时，LED的亮度变暗；供电电源电压较高时，LED的亮度变亮。以阻容降压方式驱动LED的最大优势是成本低。下面介绍2种常用的电容降压电路。

（1）采用晶闸管的电容降压LED驱动电路

图1所示为采用晶闸管VS的电容降压驱动电路。在该电路中，晶闸管VS和R3组成保护电路，当流过LED的电流大于设定值时，V_S导通一定的角度，从而对电路中的电流进行分流，使LED工作于恒流状态，从而避免LED因瞬间高压而损坏。

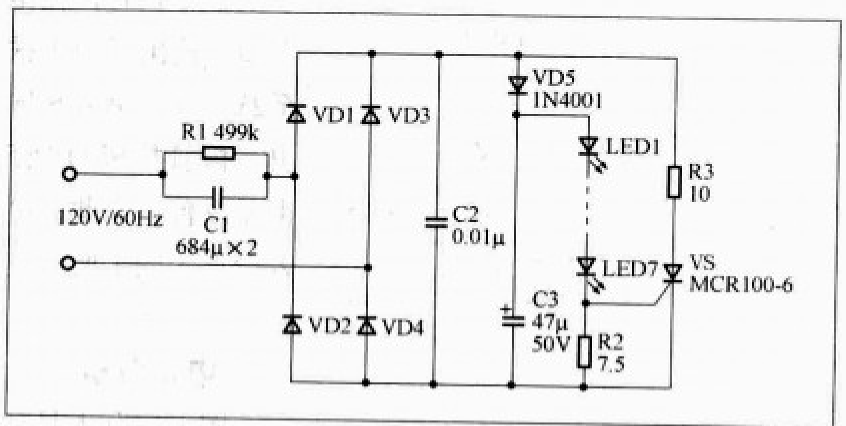


图1

467倍，用在这里非常合适，便宜且容易买到。VT1用S9015，$\beta>100$即可，整流管用肖特基二极管1N5819，1A/40V。C1取680pF是经过实验得到的最佳值，低至200pF时大负载停振，330pF时效率反而降低，取较高值则输出能力下降，如果L 1的线径细、匝数多、分布电容大，将C1加大到1nF反而工作稳定些。C2取0.01μF或更大一点均可，C3用钽电容，C4为220μF不能省略，否则输出能力要打折扣。实际使用时根据对输出功率的要求选取合适的R_b，与VT1、VT2的放大倍数乘积相关，上述实验中$\beta 1\times\beta 2=5$万，制作时要根据实际$\beta 1\times\beta 2$值调整R_b，例如实际为15万时R_b取43kΩ时特性与表1中特性相同；或者接上要求的最大负载，监测输出电压跌落，调整R_b至适合的数值。较小输出时也可以在电路中加入类似图2中VT2的自关断电路。数字万用表自动关机时耗电一般在5μA~8μA，可以在自关断三极管（即图2中VT2）的be结并联47kΩ电阻，使其可靠关断。

电路做好后安装入万用表中的位置如图4所示，整个电路的大小如图5所示。

电路自评

该电路创新地加入了L2、C2的正反馈支路，使空载耗电大幅度降低。复合正反馈的方式使高输出功率与低空载耗电得以兼顾，而且效率高，非常容易制作并调整最大输出功率。有了这个电路，其他类似的三极管升压电路都可以扔进垃圾堆了。

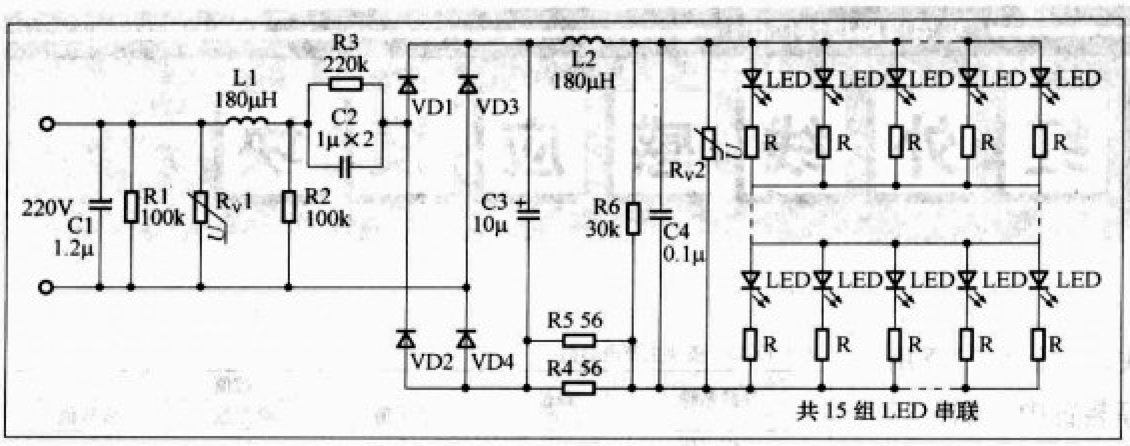


图2

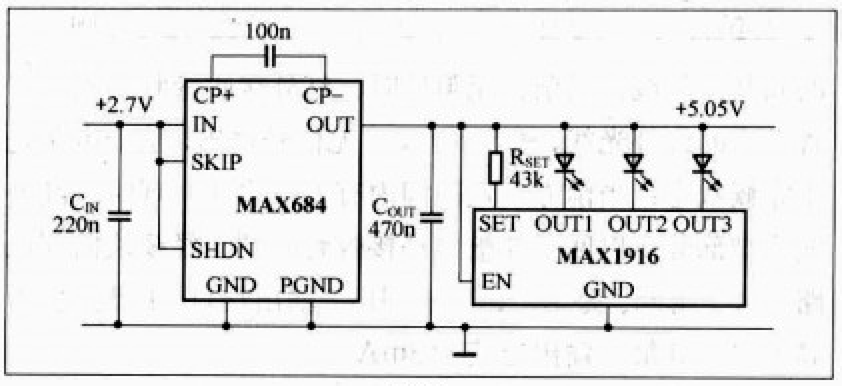


图3

(2) 具有滤波单元的电容驱动电路

在图2所示电路中，C1、R1、R_V1、L1和R2组成第一级电源滤波电路，用于将输入的瞬间高压滤除；C2、R3组成降压电路；C3、C4、L2及R_V2组成整流后的滤波电路。此电路采用双重滤波电路，能有效地保护LED不被瞬间高压击穿损坏。

2. 电压输出型电荷泵式LED驱动电路

白光LED的正向压降可以高达4V，但是目前的大量手持电子设备多以单一锂电池供电，此时已经无法再由设备电源直接驱动白光LED，而必须借助于各类电源变换器件。可以用作白光LED驱动器的电源变换器件有多种，其中应以电压输出型电荷泵电路最为简单。

对于正向电压在3.5V～4.2V（在20mA条件下）的白光LED通常需要升压转换器，可以用电荷泵（如MAX682～MAX684）与MAX1916共同构成这种LED的驱动电路，如图3所示。MAX682～MAX684能够将2.7V的输入电压转换为5.05V输出，输出电流能够分别达到250mA、100mA、50mA。利用MAX684的关断控制引脚或MAX1916的使能控制引脚可以关闭LED。在图3电路中，MAX684在关断模式下，电源电流降至22μA；R_{SET}=43kΩ时，LED电流为22mA。

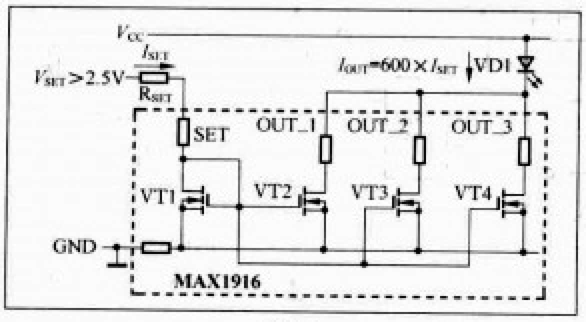


图4

图4是利用电荷泵构成的LED电流控制电路，反馈调节电压的典型值为1.235V，$I_{pk}=1.235/R_{SENSE}$，选用24Ω的检流电阻能够为LED提供50mA电流。电荷泵工作时，输出电压上升至LED的开启电压，LED开始导通。白光LED的典型正向电压为3.5（1±0.1）V，加上反馈调节电压，MAX1759输出端提供的偏置电压为4.735V。该电路输出电压的纹波在40mV以内，不会导致LED输出产生明显变化，通常人眼觉察不到。另外，图4电路在关断状态下输入与输出之间没有直流通路。

20世纪90年代以后，随着半导体工艺技术的进步与便携式电子产品的迅猛发展，各半导体器件公司相继开发出了各种新型电荷泵变换器，它们在器件封装、功能和性能方面都有较大改进；同时也开发出了一些专用的电荷泵变换器。它们的特点可归纳为：

（1）提高输出电流并降低输出电阻。

（2）减小功耗。例如ICL7660的静态电流典型值为170μA，TCM828的静态电流典型值为50μA，MAX1673的静态电流典型值仅为35μA。MAX662A、AIC1841、TC1121、TCl219、ADM660及ADM8828等，这些电荷泵都具有关闭功能，在关闭状态时静态电流小于1μA，几乎可忽略不计。

（3）扩大输入电压范围。ICL7660电荷泵电路的输入电压范围为1.5V～10V，为了满足部分电路对更高负电压的需要，已开发出输入电压可达18V或20V的电荷泵新产品，即可转换成−18V或−20V的负电压。例如，TC962、TC7662A的输出电压范围为3V～18V，ICL7662、Si7661的输入电压可达20V。

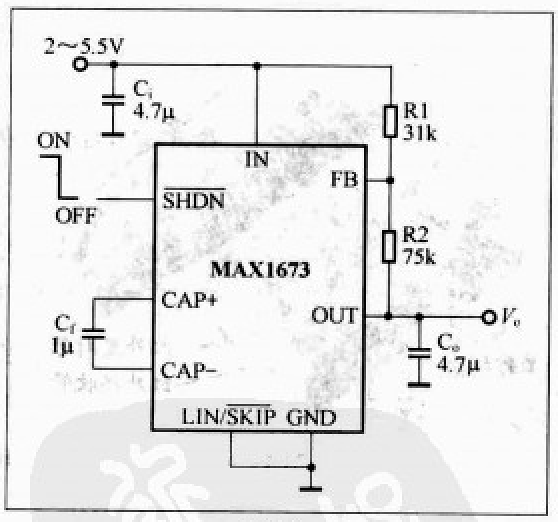


图5

（4）输出负电压可调整。新型产品MAX1673可外接两个电阻R1、R2来调整输出负电压，如图5所示。为保证反馈环路的稳定性，并减小由于FB引脚的偏置电压所产生的误差，电阻分压器的电流应接近15μA，R2的阻值需设置在50kΩ～100kΩ。另外，MAX881R、ADP3603～ADP3605、AICl840/1841等器件都具有这种功能。

实用电路模块应用

反射型红外线感应模块

文 / 陈有卿

本文介绍两款反射型红外线感应模块，它们可广泛用于各种自动检测、自动报警和自动控制等装置中，如：行程限位器、光电计数器、接近式照明开关、自动干手器、自控水龙头、感应门铃及倒车告警电路等。

TX05D 反射型红外线感应模块

TX05D 反射型红外线感应模块，实质上是一种集红外线发射、接收功能于一体的集成组件，内部包含了红外线发射、接收及信号放大与处理等全部电路，能够以非接触方式探测前方一定范围内有无阻挡物，并转换成高电平信号输出。

模块全部元器件均装焊在一块印制电路板上，然后封装在体积为 46.5mm × 32mm × 17mm 的塑壳内（不包括安装支架的尺寸），模块外形见图 1。在塑壳的前侧面安装有红外发射管与红外接收管，在旁侧面有一只 LED 工作指示灯和一个灵敏度调节孔，LED 用来指示模块的工作状态，平时指示灯熄灭，一旦有反射阻挡物时，指示灯发光。调节孔内有一只微调电位器，可调节反射探测灵敏度，顺时针调节可加大探测距离，逆时针调节则减小探测距离。此外模块的探测距离还与工作电压高低有关，电压高探测距离远，反之则近。

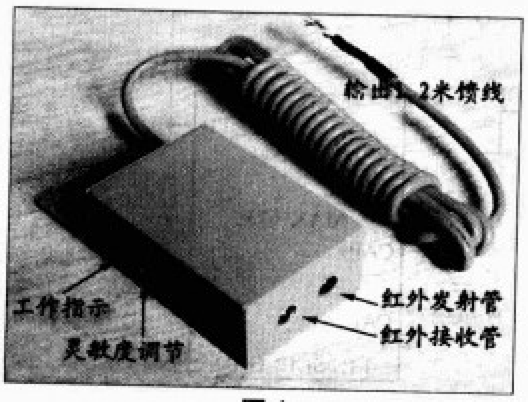


图 1

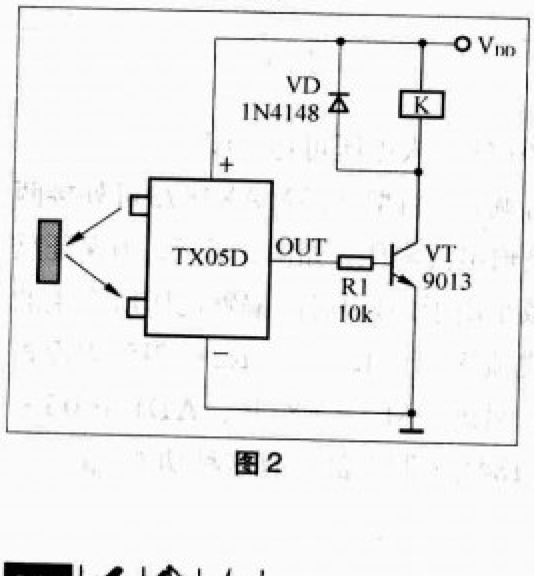


图 2

TX05D 共有 3 根外引线，通过 1.2m～2m 长的双芯屏蔽线引出，其中红色芯线为电源正线，白色芯线为信号输出线 OUT，屏蔽层皮网为电源负线。在实际应用时，如嫌引线不够长，可以用相同型号的屏蔽线加长。TX05D 模块的主要电参数见表 1。

TX05D 接通直流电源后，模块内部的红外发射管即向外发射频率为 38kHz 的调制红外线，当前方无阻挡时，红外接收管收不到发射管发出的红外光线，输出端 OUT 无信号输出，整个电路处于守候状态；当前方一定范围内有人或物体出现时，红外线将被部分反射回来并被红外接收管收到，经模块内部电路放大、解调、整形、比较处理后，输出端 OUT 就突变为高电平，其最大输出电流为 3mA。

表 1 TX05D 模块主要电参数

参数名称	单位	参数值		
		最小值	典型值	极限值
工作电压	V	5	12	15
工作电流	mA	5	15	30
最大探测距离	mm	300	1200	1200

TX05D 模块的典型应用电路如图 2 所示，当在它探测的前方有检测物时，检测物将把 TX05D 发射出去的红外光线部分反射到它的红外接收管。此时，模块输出端 OUT 便输出高电平，通过电阻 R1 加至三极管 VT 的基极使 VT 导通，并使继电器 K 的常开触点吸合，完成所需的动作。

下面介绍两个 TX05D 模块的实际应用电路。

1.自动干手器

图 3 是一个适合自制的自动干手器，电路简单，安装容易。它由 TX05D 模块 IC1、三端稳压集成电路 IC2、固态继电器 SSR、电吹风及电源电路等部分组成。

平时，IC1 发射的红外光线无物体阻挡，输出端 OUT 无信号输出，三极管 VT 截止，固态继电器 SSR 关断，电吹风失电不工作。当把湿手放在 IC1 的下方时，IC1 发射的红外光线将被湿手反射回一部分，所以 OUT 端输出高电平，经二极管 VD、电阻 R1 使三极管 VT 导通，SSR 开通，电吹风得电工作，就向外吹出热风。当手烘干离开后，模块 IC1 失去反射的红外光线，电路便回复到原来的静止状态。电容 C2 与电阻 R1 构成短暂的延迟电路，可防止因烘手过程中手的运动使 IC1 失去短暂反射光而使电吹风出现

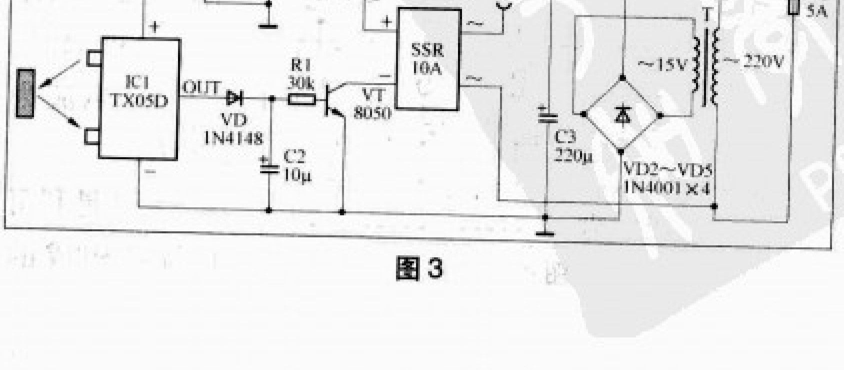


图 3

频繁停机现象。用作干手器时，由于探测距离较短，应将模块IC1的灵敏度调低些。

SSR 宜用10A固态继电器。电吹风的功率应控制在600W～1000W内。

2.红外反射报警器

图4是一个实用的红外反射报警器，可用于多种场合，如高压有电危险区域或其他禁止行人通行或接近的地方等，一旦有人靠近它就发出响亮的报警声。报警器主要由TX05D模块IC1、NE555时基电路IC2、警灯、警铃及电源电路等部分组成。

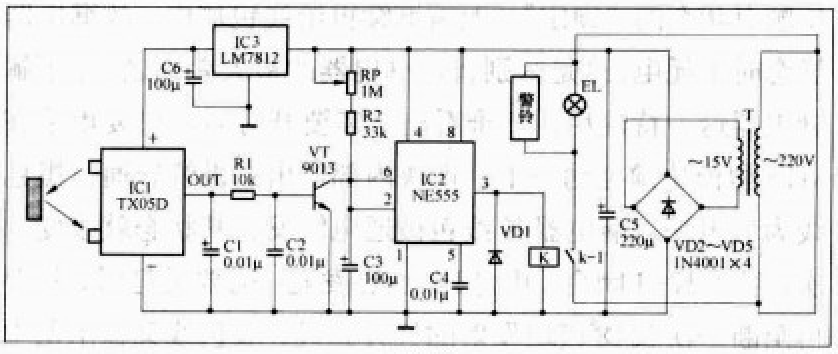


图4

电源电路主要由变压器T降压、二极管VD2～VD5桥式整流、三端稳压集成电路IC3和电容C5、C6滤波组成，接通电源后，IC3输出12V稳定直流电压供模块IC1用电，时基电路IC2则直接取用整流后的15V左右的直流电压。

平时，IC1前方无物体阻挡时，模块IC1输出端OUT无信号输出，三极管VT截止。时基电路IC2接成定时工作模式，因C3已充满电荷，IC2的6脚为高电平，IC2处于复位状态，输出端3脚为低电平，继电器K不动作，触点K−1打开，警铃与警灯均不工作，报警器处于静止守候状态。

当模块IC1前方有人走近时，IC1发射的红外线将被部分反射回来并被IC1内红外接收管收到，经模块内部电路放大处理后，输出端OUT突变为高电平，经R1、C1、C2平滑使VT导通，一方面使时基电路的触发端2脚为低电平，IC2立即置位，输出端3脚突变为高电平，继电器K吸合，触点K−1闭合，220V交流警铃通电发声报警，同时警灯EL发光，可照亮“请勿靠近！”等警示牌。另一方面VT导通使得C3所充电荷得以泄放。当人离开后，IC1的OUT端恢复低电平，VT截止，此时正电源就通过RP、R2向C3充电，经$t=1.1(R_p+R2)\times C3$延迟后，时基电路IC2翻回复位态，3脚恢复低电平，继电器K释放，警铃停止发声，EL熄灭。若之后又有人靠近监控区，电路又发声、发光报警。

电路被触发报警的时间长短可通过电位器RP进行调节，以满足不同场合的需要。

K可选用JZC−32F、DC12V小型中功率电磁继电器，其触点容量为3 A、AC250V。警灯EL可选用40W～100W白炽灯泡。警铃应选用交流220V供电的电铃。其他元器件无特殊要求。

表2 M18漫反射型模块主要电参数

参数名称	单位	参数值
工作电压	V	10～36
工作电流	mA	≤10
输出驱动电流	mA	300
指向角度	度	≤5
检测距离	mm	100
被检测物最小直径	mm	5
工作温度范围	℃	−25～70

M18漫反射型红外线感应模块

M18漫反射型红外线感应模块是工业级的红外线感应模块，它采用波长略高于780nm的接近可见光波长的近红外线为载体，是集红外发射和接收于一体的传感模块，当有被检测物体阻挡时，便将模块发射的红外光线反射回模块的红外接收管，于是模块就产生开关信号。

M18漫反射型红外线感应模块的外形如图5所示，主要电参数见表2。它的内部电路采用NPN三极管集电极开路输出，当在检测范围内，它探测到阻挡物时，模块内输出三极管导通，可使外接负载通电工作。由于它的探测精度极高，在探测范围内只要被检测物直径大于5mm时，就有信号输出，但模块的探测距离较小，所以模块主要用于工业检测如行程限位、光电计数等。

图5

M18漫反射型红外线感应模块采用3引线输出，其中棕色线为电源正端、蓝色线为电源负端、黑色线为信号输出线。模块直径为φ18mm，固定时只需在设备外壳上打一个φ18mm的圆孔就能轻松固定，长度约75mm，背后有红色LED工作指示灯，当检测到物体时LED即点亮，平时则处于熄灭状态，引线长度为100mm。

M18型模块的典型应用电路见图6所示，平时模块黑色线悬空无信号输出，负载失电不工作，当在模块前方有检测物将模块发射的部分红外光线反射回去时，模块内NPN型输出三极管导通，负载便通电工作。

图6

图7是用M18型模块设计制作的无触点手晃照明灯开关，整个装置安装在墙壁

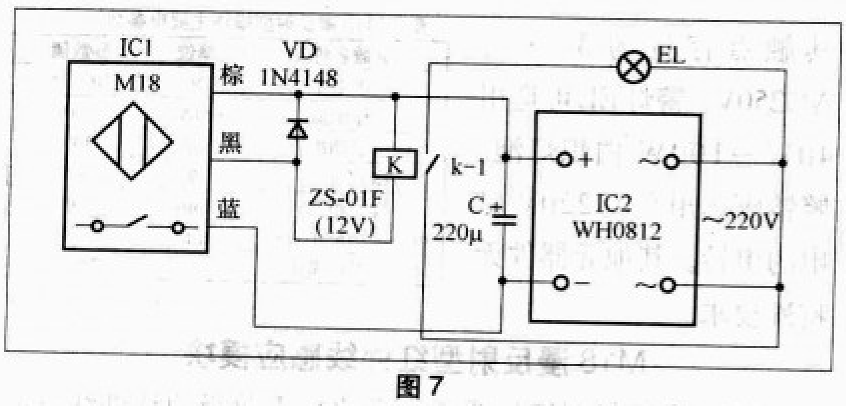


图7

内，需要开灯时，只要用手指在模块前方晃动一下，灯EL便点亮，再晃动一下，灯灭。

本机工作电源采用WH0812型AC-DC电源变换模块IC2，它直接将220V交流电压变换为12V直流电压并经电容C滤波供给。采用AC-DC电源变换模块的好处是简化线路，而且还可以减小整机的体积与重量。WH0812采用塑壳封装，对外仅4根引脚，外形见图8，其尺寸为48 mm × 38 mm × 23mm，输入电压为交流220V，输出为直流12V，输出功率可达8W，足够满足一般小型电器使用。

电路中使用的继电器是一种新颖的ZS-01F（12V）型记忆自锁式继电器，其工作特点是继电器线包每通电一次（即受一次触发），其转换触点的状态就变换一次。原常开触点由“打开态”变为“闭合态”；如线包再通电一次，常开触点就由“闭合态”变为“打开态”。继电器的自锁功能是由其内部特殊的机械结构来保持触点状态的“锁定”，无需继续再给线包加电，故继电器静态时不耗电，这是区别普通继电器的最大差别之一。了解继电器这一特性后，不难看出，需要开灯时，只要用手在M18型模块前晃动一下，模块内部输出三极管导通，黑色线为低电平，继电器K线包被通电触发，其状态就改变一次，触点K-1闭合，电灯EL点亮发光；需要关灯时，只要再阻断一次M18模块发射的红外光线，黑色线又输出低电平，K再次被触发，触点K-1断开，电灯EL熄灭。

图8

《无线电》杂志社推荐书目

品牌推荐　89488　《无线电》2001-2005年合订本（2CD-ROM）　邮购价：40元／套

新书上架

		邮购价
15709	看图学修电磁炉	26元／本
15940	实用无线电遥控电路	34元／本
15693	怎样识别和选用集成电路	22元／本
15515	电动自行车电气故障诊断与维修	17元／本

畅销图书

		邮购价
15129	触摸屏与PLC入门	35元／本
15195	监控组态软件和PLC入门	37元／本
15231	新编电工实用线路200例	20元／本
14091	《无线电》家电维修精汇	35元／本
14021	无线电问与答精汇	41元／本
13545	无线电制作精汇（2）	38元／本
13544	无线电元器件精汇（第2版）	38元／本
13424	无线电识图与电路故障分析轻松入门(第二版)	35元／本
13435	无线电元器件检测与修理技术轻松入门(第二版)	35元／本
14260	例说8051	39元／本
15197	零起步轻松学电子测量仪器	22元／本
15127	数字电视知识解读	28元／本
14781	图解电力拖动系统电路	22元／本
15615	怎样识别和检测电子元器件	23元／本
14427	怎样看数字电路图	23元／本
12537	看图学电工技能	34元／本
12337	电子节能灯与电子镇流器的原理和制造	32元／本
11814	识读无线电电路图快速入门	26元／本
11826	彩色电视机单元电路应用与维修手册	44元／本
11819	无线电遥控组件及其应用电路	26元／本
12263	通用集成电路的选择和使用	25元／本
06131	怎样看无线电电路图(修订本)	17元／本

强势品牌

		邮购价
2-75	《无线电》杂志及增刊	
2008第1～3期		8元／本
2003-2005年部分期，2006、2007年第1～12期		6.8元／本
9020052	《无线电》2005年增刊	28元／本
2003年增刊	大屏幕显示器电路解说及维修方法	28元／本
2002年增刊	国产彩色电视机电路解说及维修资料	25元／本
2001年增刊	进口彩色电视机维修资料	28元／本

《无线电》合订本

17182	2007年上册	38元／本	17183	2007年下册	38元／本
11854	2006年上册	28元／本	11855	2006年下册	28元／本
14164	2005年上册	28元／本	14165	2005年下册	28元／本
12887	2004年上册	28元／本	11940	2003年上册	28元／本

82-590	《高保真音响》	
2003-2005年部分期，2006、2007年第1～12期，2008年第1～3期		15元／本
9020021	《高保真音响》2002年增刊	28元／本

光盘产品

		邮购价
89497	长虹最新彩电电路图集（2CD-ROM）	40元／套
2399	创维最新彩电电路图集（CD-ROM）	40元／套
788024	5.1声道DVD质量样版试机碟（1DVD）	38元／盘
68147	国内外名厂扬声器资料汇萃（CD-ROM）	40元／套
00010	《高保真音响》1994-1998年合订本（4CD-ROM）	110元／套
010013	新型彩色电视机原理与维修（15VCD）	300元／套
0030910	VCD/DVD视盘机原理与维修技术讲座（10VCD）	200元／套
040038	最新打印机工作原理及检修（4VCD）	80元／套
990006	彩色电视机实用维修技术（8VCD）	144元／套
990004	冰箱实用维修技术（4VCD）	72元／套
020015	空调器实用维修技术（6VCD）	108元／套

邮购方法：请将购书款汇至北京市南区崇文区夕照寺街14号A座，收款人：《无线电》杂志社，邮编：100061，请在汇款单附言中注明书号及册数（如购买杂志请注明年份及期数，如要挂号购买杂志请另加3元挂号费），联系电话：(010)67134097-24。

更正说明：2008年第2期杂志第30页《浅谈天线的种类与应用》一文作者为赵春云，特此更正。

如何用相片塑封机实现PCB电路图的热转印

文 / 朱秋龙

通常业余制版时，一次制版的数量不会很多，也不会天天做，偶尔做一些电路板，如果要花1200元买一台价格昂贵的“电路板图热转印机”，对很多人来说实在有点手软。而用电熨斗热压转印，效果又不尽人意。本人在实践中摸索出用普通“相片塑封机”进行PCB电路图热转印的经验，希望对业余制作电路板的读者有所帮助。一台普通“相片塑封机”价格仅200多元，业余制版的读者可以接受，并且普通“相片塑封机”只要略经改动，即可以成为塑封相片和进行PCB电路图的热转印两种功能兼用的机器，一举两得。

“电路板图热转印机”和“相片塑封机”在工作原理上有惊人的相似之处。它们都是通过胶棍的转动将敷铜板或相片缓慢地推人机器，在推进过程中对敷铜板上的PCB图或相片的塑封袋加热，最终达到将PCB图转印到敷铜板上或将相片塑封。但两种机器有两点区别：第一，“电路板图热转印机”的胶棍转速比“相片塑封机”更慢一些，保证了有足够时间让PCB图受热转印到敷铜板上，而相片塑封却不需要很长时间，否则塑料袋会熔化贴粘；第二，最关键的是“电路板图热转印机”的加热温度比“相片塑封机”要高，才能将PCB图转印到敷铜板上，否则，转印的PCB图残缺不全。一般的“相片塑封机”是设计成温度由100℃～160℃，共7挡可调的。

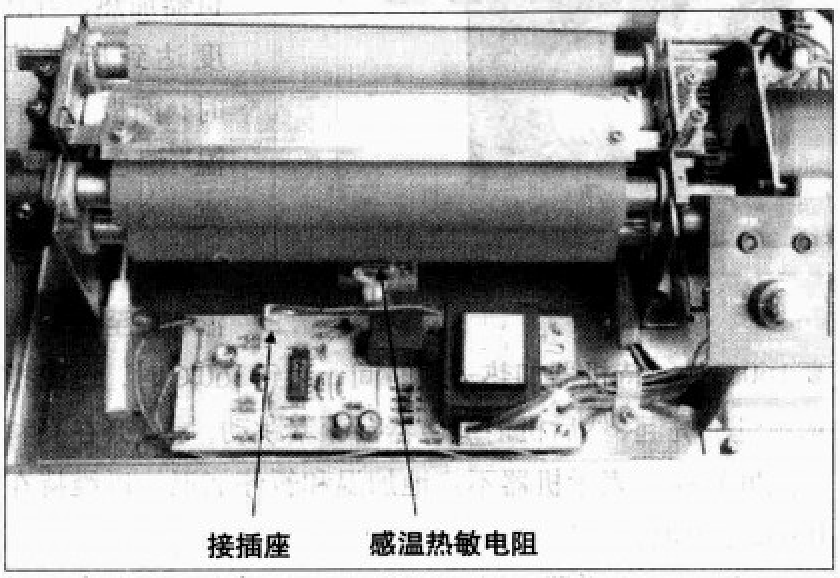


图1

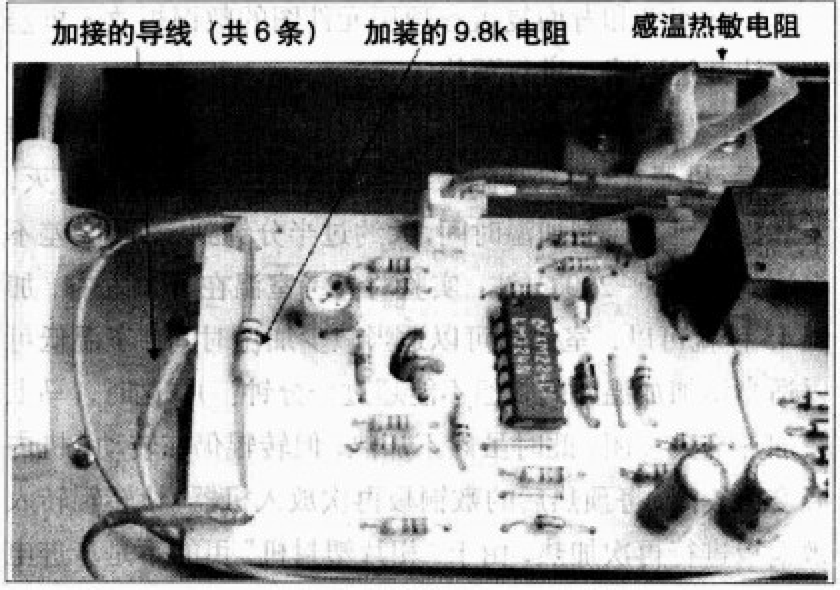


图2

一、改动电路

“相片塑封机”设计有恒温自动控制电路，通过一个紧贴在胶辊上的热敏电阻感应温度，然后经运放组成的电路进行比较，最终控制继电器的开或关，决定是否需要加温。虽然可以重新改动控制电路将加热温度提高到可以转印PCB图，但太麻烦。这里采用加一个电阻和一个拔动开关，不需改动原设计的恒温自动控制电路，就能实现塑封相片和进行PCB电路图的热转印两种功能。

图1所示为一打开盖板的“相片塑封机”内部结构。原来图中的“感温热敏电阻”是通过“接插座”的两条线和电路板连在一起的，现在把这两根连线剪断。

图2是放大的改装后的局部图，图中将剪断后留在插座上的两根线分别用导线延长，焊接连到右边2×2钮子开关(双刀双掷)的中间两个接点上；然后在电路适当空位置固定一只约9.8kΩ/0.5W的电阻R，并将电阻R两端分别用导线焊接连到右边2×2钮子开关的下面两个接点上；最后将剪断后插座的原连接导线的另两端(即感温热敏电阻)用导线延长，焊接到右边2×2钮子开关上的两个接点，接线示意图如图3所示。

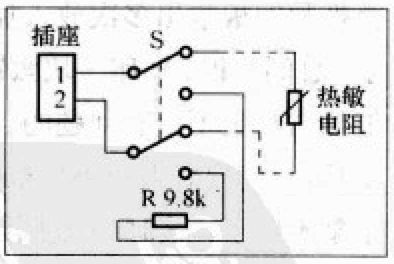


图3

在“相片塑封机”右侧面板上选一位置安装上2×2钮子开关如图4所示。

二、PCB图纸热转印操作方法

经过以上改动，只要将2×2钮子开关拨在向下位置，“相片塑封机”原有的塑封相片功能不变；当2×2钮子开关拨到向上位置时，这时感温热敏电阻被一只固定阻值的电阻替代，机器失去了恒温控制功能，可以用手工来控制图4中的加热开关，以实现PCB图纸热转印。根据实际使用经验，PCB图纸热转印需要的温度在180℃～200℃。具体操作步骤和方法如下：

图 4

第一步：先把钮子开关拨在向下位置，将左侧温度调节选在较低挡位，打开机器加热，当温度达到所需值时，面板上“恒温”绿色指示灯亮；然后逐渐升高温度挡位并加温，直至调到最高160℃处，待机器加热一段时间，达到160℃时，恒温指示绿灯会亮起，然后机内继电器会频繁跳动，绿灯会在亮和灭之间转换，表示机器不停地加温和暂停加温，以维持在160℃处恒温。

第二步：当机器恒温在160℃时，将敷铜面复盖有底层打印图转印纸和背面复盖有顶层元件图的敷铜板放入机器内，让其过两遍，进行预热。

第三步：在敷铜板预热后的基础上，将钮子开关拨到向上位置，机器在160℃基础上继续加温，且恒温指示绿灯灭，要靠你自己来控制加温时间，大约过半分钟到一分钟，差不多达到180℃～200℃(注：实验时参考室温在16℃左右，加温45秒就可以，室温高可以适当减少加温时间；室温低可以适当增加加温时间，但不能超过一分钟！)，这时，马上将加热开关关闭，此时虽然不加热，但转辊仍在转动，机内温度仍较高，将预热后的敷铜板再次放人机器，让转辊转入敷铜板进行再次加热，由于“相片塑封机”用的不是步进电机，转辊速度比较快，一会儿敷铜板就从后面出来了，这时再把敷铜板拿出多次放人加热，大约走三五次后就差不多了。总的来说，转印一块敷铜板用的时间不长，适当控制好加热时间是不会有问题的，但必须注意加热时间绝对不能太长，否则要烧毁机器！根据经验，一般手拿敷铜板有点烫手拿不住了，这时PCB图纸转印应当可以了。也可以趁热揭开一角看一看，如没有完全转印好，可以重新再来一遍。

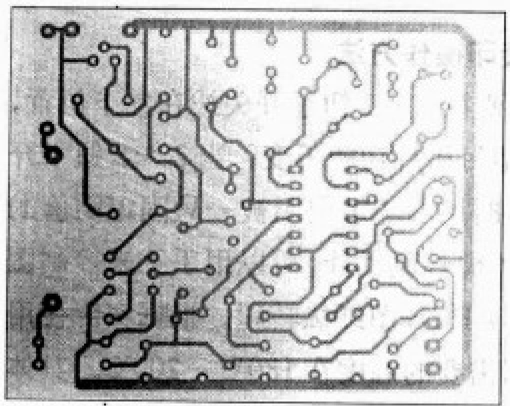


图 5

图5为一片转印好的敷铜板底层PCB走线图；图6为转印好的敷铜板顶层元件图，供读者参考。

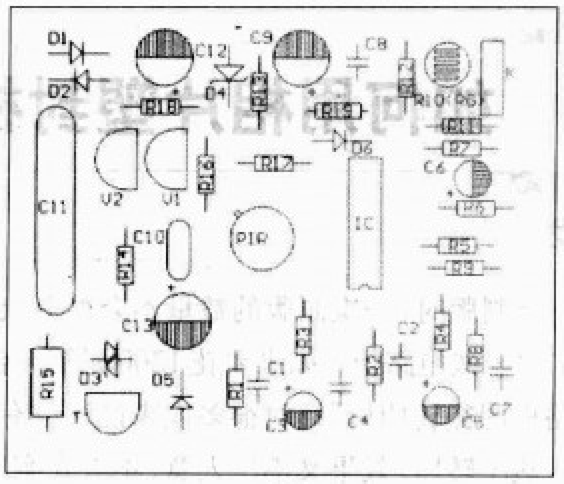


图 6

三、改动出片口处档板

这个问题是否每种牌号的“相片塑封机”都一样尚不清楚，根据我手头的这种“相片塑封机”，在相片出口处有一片稍许上跷的不锈钢片，因相纸软，可以通过，但敷铜板平而硬，出来时会被挡住，应将不锈钢片卸下来将上跷部位敲平或往下弯，以不会挡住出板为准，如图7所示(如有的牌号“相片塑封机”不存在出口处不锈钢片上跷，则这一步可省略)。

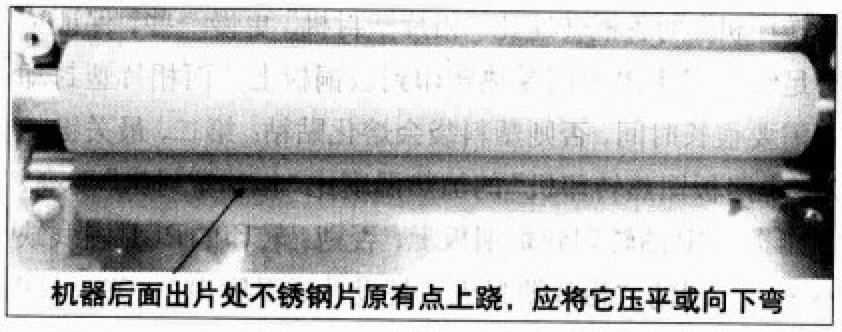


图 7

业余制版是电子爱好者必须掌握的一门实用技术。现在人人家中都有电脑，业余电子爱好者只要从Protel简单制版的方法开始学，由浅到深、由易到难、由简单到复杂，完全可以在业余条件下制做出和厂家相媲美的电路板。若有激光打印机，则打印设计好的PCB图就没有问题了，没有激光打印机可以借用，但必须要“惠普”系列牌号的，其他激光打印机烘干温度不够理想。另外电脑上必须有Protel软件支持。转印纸则可以用不干胶用后的衬纸，不必去买所谓的“特殊的热转印纸”。业余制版最头痛的是热转印机问题，它差不多和激光打印机同价了，买一台激光打印机平时还可以兼用打印文本资料。热转印机平时几乎没用，利用率很低。今天介绍的由“相片塑封机”改装成PCB图的热转印方法，实用、价格低廉，业余电子爱好者可以接受，改装方便，且平时还可以用来塑封照片，是一种业余制版的可行方案，通过本文介绍，希望对电子爱好者的业余制版有所帮助。

新品速递

新型 LED 电源管理集成电路

文 / 吴红奎

MAX16816：可编程的大功率高亮度 LED PWM 调光控制器

MAX16816 是 Maxim 公司推出的大功率HB LED(高亮度LED)调光驱动控制IC，通过外置的两个N 沟道 VMOS(功率场效应管)分别进行模拟PWM(脉宽调制)调光和DC–DC 电源变换。MAX16816 支持PWM调光，PWM信号可以采用外部或者内部的控制脉冲，也可以采用外部直流控制电平，调光比可达 1000：1。MAX16816 片上集成了基于EEPROM（电可擦除只读存储器）的寄存器，通过单线接口，应用者可以通过编写程序来兼顾对效率、体积、EMI 的要求。

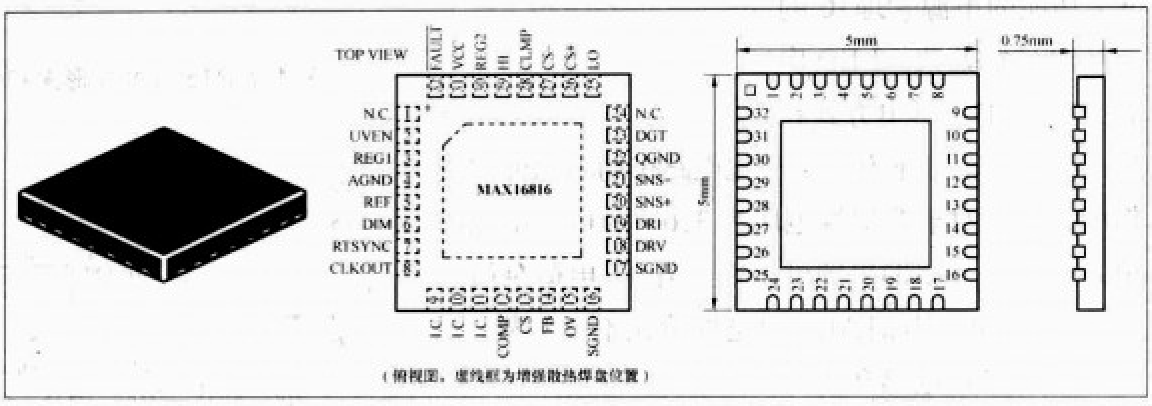


图 1 MAX16816 封装外形图和引脚定义

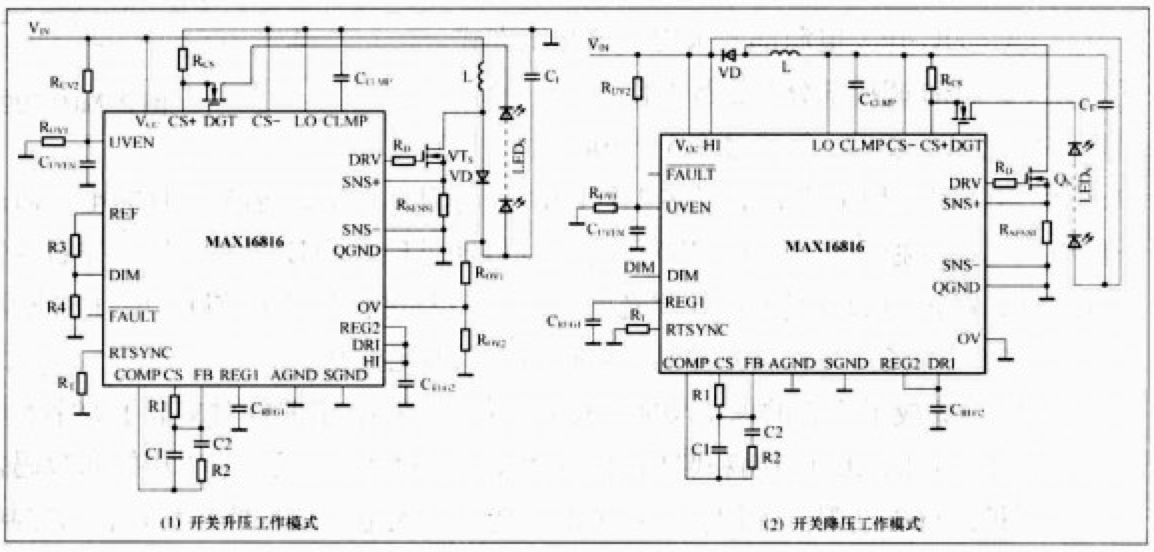


图 2 MAX16816 的两种典型应用电路原理图

基于LED的半导体照明被业界公认为是下一代最有前途的节能型照明技术，小功率应用已经比较成熟，大功率应用尚处于起步阶段，目前LED单体照明设备以3W～5W的为主。阻碍LED照明设备迅速推广的主要因素是价格，即使与卤素节能灯具相比，直接价格仍然没有太多优势，并且单体灯具的功率越大，这种价格的差别就越大。这其中除为解决LED 散热问题而增加的成本外，也包括功率控制所增加的成本，主要包括调光和恒流控制。其中，恒流控制必不可少，调光功能虽然不是必须的，但却是与效率密切相关的一个不可忽略的因素。

MAX16816将HB LED所需要的常见电源管理功能集成到一个单一芯片上，驱动峰值电流可达2.5A/1.4A，功率开关（VMOS）置于片外，调控功率理论上只受限于片外的功率开关，总效率可以超过90%。囿于大功率HB LED的价格，MAX16816 主要针对汽车照明应用，5.6V～75V 的电压输入范围可以很好地兼容汽车的冷启动（相当于电池组满载）和甩负载（相当于电池组空载），具体应用如RCL(尾灯总成)、DRL(日间行驶灯)、远光灯、近光灯、雾灯、智能前灯系统，也可以用于对成本不敏感或者能源受限制的其他照明应用，如自供电的航标灯、消防应急灯、信号灯等。

附表 MAX16816 的主要技术参数

技术参数	典型值
工作温度范围	−40℃～+125℃
输入电压范围（V_{IN}）	5.9V～76V
冷启动最小输入电压	5.4V
LED 恒流精度	5%
可编程开关频率范围	125kHz～500kHz
PWM 调光脉冲频率	200Hz～5kHz
PWM 调光脉冲最小宽度	20 μ s(PWM 信号频率：200Hz)
待机电流	45 μ A
栅极驱动峰值电流	2.5A(反向，扇入)/1.4A(正向，扇出)
栅极驱动电压范围	5V～15V

MAX16816 采用无引脚的 5mm × 5mm、32 端子的 TQFN 封装，即底部带有增强散热焊盘的 QFN 封装，图 1 是它的封装外形图和引脚定义，附表是MAX16816的主要技术参数，图2是它的两种典型应用电路原理图，(1)是升压应用，(2)是降压应用。MAX16816 的电子文档可以通过 Maxim 的网站下载，地址是 www.maxim-ic.com.cn/getds.cfm?qv_pk=5686&ln=cn。

MP1529：固定频率DC-DC开关升压的LED闪光/背光电源管理IC

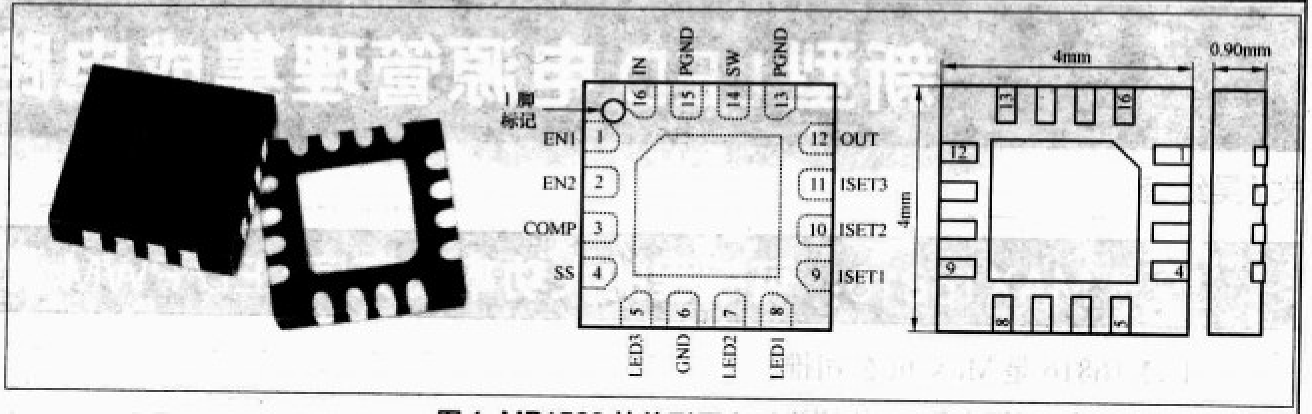


图1 MP1529的外形图和引脚定义

随着数码照相组件在手机上的普及以及数码相机市场日益繁荣，LED闪光灯的应用数量也与日俱增，背光控制（关断和调光）、闪光控制（预览和闪光）功能的电源管理IC的市场也日益繁荣。LED串联（LED串）供电方式在保证照度的前提下有利于简化电路布局和保证控制精度，但是对于典型端电压为3.6V的可充电池供电系统来说，LED串的供电需要升压，电荷泵虽然有利于减小体积和EMI，但是性价比不占优势，主流应用仍然是电感升压。

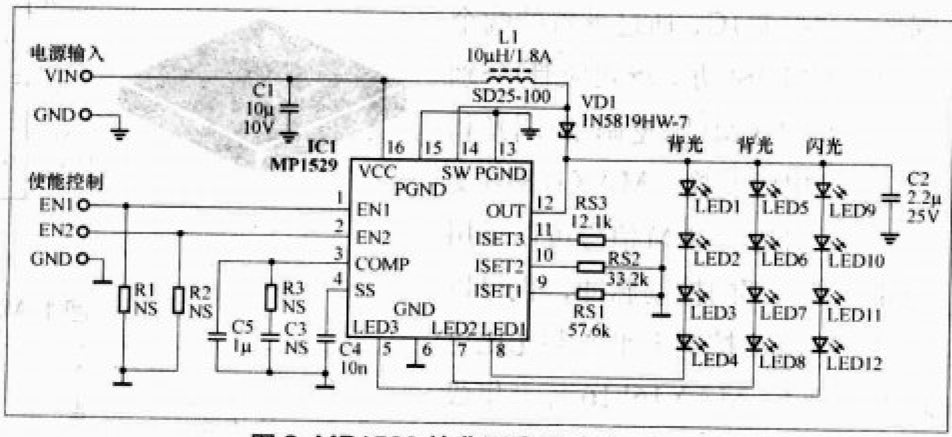


图2 MP1529的典型应用电路原理图

MP1529是MPS公司推出的LED电源驱动管理IC，DC-DC开关电源部分采用电感升压方式，固定频率，LED调控部分共3路2组，其中两路一组用于背光LED驱动，每路最多6个30mA的LED串，1路用于闪光LED驱动，最多4个150mA的闪光LED，每路LED的电流通过一个外部电阻可以单独设定，背光LED和闪光LED通过EN1和EN2两个使能控制端子可以分别控制，背光LED支持PWM调光而闪光LED只进行开/关控制，EN1和EN2相互配合可以实现背光开关和调光控制、照相预览和闪光控制。

附表 MP1529的主要技术参数

技术参数	典型值
输入电源电压范围	2.7V～5.5V
升压输出最大电压	25V
静态电流	1.5mA
待机电流	＜1μA
背光恒流电流	≤30mA
闪光电流	≤150mA
开关频率	1.2 MHz

MP1529集成了完善的保护功能，总效率优于78%，主要针对集成了数字照相功能的手持媒体设备的LED照明和照相闪光应用，如PDA、手机、数码相机和数码摄像机，保护功能包括LED串意外开路过压保护、逐周期限流保护、过热关断功能、输入电压欠压控制和软启动控制。

MP1529采用无引脚的16端子QFN扁平封装，底部带有增强散热焊盘，图1是它的外形图和引脚定义，图2是它的典型应用电路原理图，附表是它的主要技术参数，它的电子数据文档可以从www.monolithicpower.com/files/MP1529_r1.0.pdf下载。

LP3933：多功能电源管理集成电路

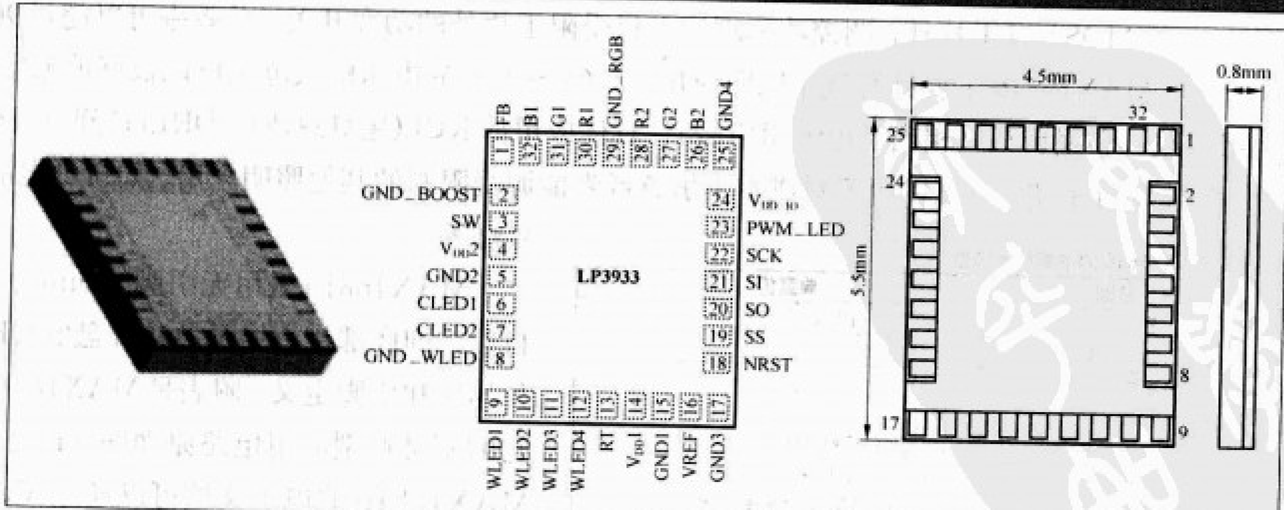


图1 LP3933的引脚定义和物理尺寸

LP3933也是主要针对手持设备的LED电源管理集成电路，是美国国家半导体公司专门针对手持设备的LED应用而推出的系列电源管理IC中的一款，高集成度、高散热能力是这个系列的主要特点，着重于LED照明调控，调控范围涵盖白光LED和RGB（即红、绿、蓝）LED，具体应用包括背光、键盘和装饰灯的彩色闪光、三色合成任意颜色的背光等，同系列的还有精简版本的LP3936和集

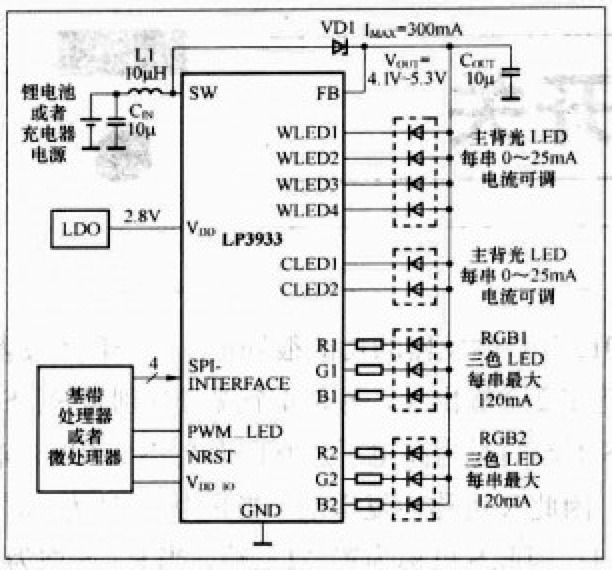


图 2 LP3933 的典型应用电路原理图

附表 LP3933 的主要技术参数

技术参数	典型值
输入电源电压范围	3V~6V
自身工作电压(V_{DD}、V_{DD2})	2.65V~2.9V
工作环境温度范围	−40℃~+85℃
最大输出电流	300mA
休眠待机电流	1μA
空载静态电流（开关升压关闭）	170μA
带载静态电流（开关升压开启）	1mA
基准电压	1.23V

成更多功能的LP3935、LP3938、LP3941、LP3945、LP3946，集成的更多功能包括可编程的锂和镍氢电池充电、LDO（低压差稳压器）、USB接口、TCXO 缓冲器以及更多的控制功能，片上集成了若干个寄存器，与系统控制器通过SPI总线进行通信。这个系列都采用小型而高散热效率的 LLP 封装，一种外形类似于QFN但是不需要增强散热焊盘的小型无引脚薄型封装。

LP3933片上集成了电感式DC−DC开关升压电路，4路白光LED控制用于主LCD屏的背光控制，2路白光LED控制用于副LCD屏背光控制，两组各三路RGB LED调控。背光驱动各路独立，8位恒流控制，各路误差小于0.5%；RGB LED为PWM驱动方式，以实现调控的可编程。

LP3933采用32端子的LLP薄型封装，引脚定义和物理尺寸参见图1，典型应用电路参见图2，主要技术参数见附表，电子数据文档可以从 www.national.com/ds.cgi/LP/LP3933.pdf 下载。

SP6686：基于电荷泵的闪光LED电源管理集成电路

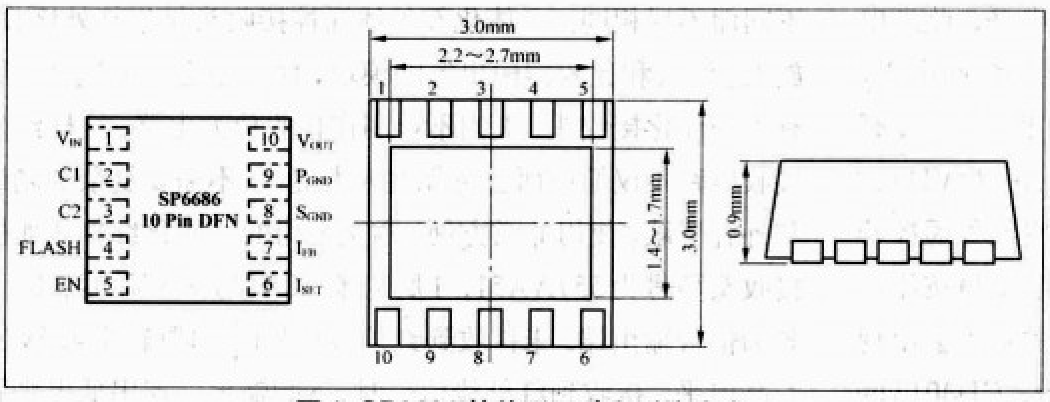


图 1 SP6686 的外形尺寸和引脚定义

相比较而言，Sipex公司的SP6686集成的功能比较少，除了基本的LED恒流控制功能，SP6686以电荷泵方式对单节3.6V的电池供电典型电压进行自动升／降压以保证高亮度LED始终有足够的亮度，与之相关的有照明／闪光控制以及PWM调光功能，全部控制功能都是基于硬件的，没有软件控制接口。基于电荷泵的DC−DC开关电源电路具有低EMI的优势，EMI问题在大多数实际应用中可以忽略，如果对成本不敏感，此类开关电源的能量转换元件——电容，即泵电容或者称为储能电容，也有一些资料称为飞电容，也比较容易集成（见图2中的C_F）。虽然同等功率容量等级的电感的集成在2007年也有所突破，Micrel公司的SuperLNR™系列DC−DC降压式开关电源IC也实现了电感的集成，比如最先上市的MIC38300，不过在成本上，电荷泵仍然占有相当的优势，尤其是EMI指标方面。电荷泵的缺点是目前还难以实现大功率，适合倍压而不是输出电压连续可调，稳压性能不好，通常需要稳压电路与之配合。

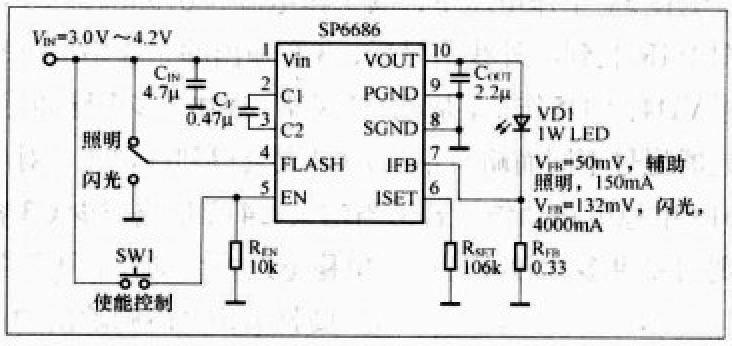


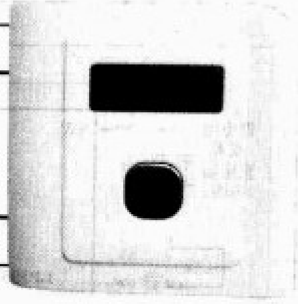
图 2 SP6686 的典型应用电路原理图

附表 SP6686 的主要技术参数

技术参数	典型值
最大输出恒流电流	480mA
照明状态下的典型效率	94%
典型开关频率	2.4MHz
待机电流	1μA
照明状态下的静态电流	0.5mA
闪光状态下的静态电流	2mA
电荷泵倍压条件下的等效电阻	5Ω
热关断温度	145℃

与SP6686同系列的还有低端的SP6685，二者都是主要针对高端的和主流的多媒体手机应用，外部元件仅需要3个陶瓷电容和3个小功率电阻，使用单节3.6V的电池供电，最大输出电流可达400mA以上，可以驱动和控制一个1W的HB LED，实现照相辅助照明和闪光灯功能。SP6686采用小体积的10端子的DFN封装，一种外形类似于QFN的带有增强散热焊盘的塑料封装，外形尺寸和引脚定义参见图1，典型应用原理图参见图2，主要技术参数参见附表，电子技术文档可以从该公司的网站下载，地址是：www.exar.com/Files/Documents/sipex/datasheets/SP6686.pdf。

节电型触摸遥控开关



文 / 彭佩烘

红外遥控开关常应用于普通家电遥控器上，遥控距离可达七八米以上。但是常见的红外遥控开关都存在较大的静态功耗，并容易受到干扰而误动作。为了克服这些开关存在的不足，笔者设计了一种只采用少量普通电子元件制作成的微静态功耗红外遥控开关，用于对室内照明灯具进行控制，可以带来很大的便利。这种红外遥控开关只有两根引出线，电路简单，成本低廉，抗干扰强，更主要的是只有很低的静态功耗，整个开关的耗电只有十几毫瓦，整个电路可以装在86型壁式开关中，使用时无需区分两根引出线，可随便与照明灯具串联。

该电路如图1所示。CD4013为双D触发器，其中一个D触发器与电容C5、电阻R8、二极管VD6组成单稳态电路。当3脚有上升沿脉冲输入时，1脚输出高电平，此高电平经电阻R8向电容C5充电，约1秒多钟后4脚为高电平，对应1脚输出变为低电平，完成一次单稳态过程。一旦1脚输出变为低电平，电容C5上的电荷就会通过二极管VD6放掉。有了此单稳态电路，按一下遥控器时，对应红外遥控开关状态翻转后，就要再过约1秒多钟的时间间隔，再按压遥控器才有效。这样按压遥控器时，红外遥控开关就不会出现开启了又快速关断、关断了又快速开启的情况。CD4013的另一个D触发器与电容C6、电阻R9、二极管VD7组成双稳态电路。当11脚有上升沿脉冲输入时，13脚输出高电平，此高电平经电阻R10加到三极管VT3，对应双向晶闸管VS1得到触发电流而导通。当红外遥控开关首次加电时，由于C6和R9的作用，双稳态电路一定会处于输出低电平的状态。也就是说，当红外遥控开关首次加电时，一定是处于关的状态。CD4013双D触发器的功能很好记。一个D触发器有6个端子，除了2个输出端，另外4个端子分别是R、S、CP、D。R和S不能同时为高电平。当R为1、S为0时，输出Q一定为0，因此R可称为复零端。当S为1、R为0时，输出Q一定为1，因此S可称为置“1”端。当R、S均为0时，Q在CP端有脉冲上升沿到来时动作，输出电平高低由D端电平决定，即若D为1则Q也为1，若D为0则Q也为0。

图1中IR为一体化红外线遥控接收头。一体化红外线遥控接收头IR的封装大致有两种：一种采用铁皮屏蔽，一种是塑料封装。均有3只引脚，即电源正（V_{DD}）、电源负（GND）和数据输出（V_{OUT}）。红外接收头的引脚排列因型号不同而不尽相同。一体化红外线遥控接收头是集红外接收、放大、滤波和比较器输出等的模块，性能稳定、可靠。所以，有了一体化接收头，人们不再制作接收放大电路，这样红外接收电路不仅简单而且可靠性大大提高。不需要复杂的调试和外壳屏蔽，使用非常方便。本文采用的一体化红外线遥控接收头型号为557AA51，1脚为地，2脚为+5V电源端，3脚为信号输出端。未接收到红外线信号时，3脚输出4.5V左右高电平。接收到红外线信号时，3脚输出一连串低电平脉冲。实测在5V工作电压下，其工作电流为0.9mA。

图中IR收到红外线信号后，3脚输出的一连串低电平脉冲经VD4、VD5作用，加到C4两端，很快（多个脉冲后，与遥控器型号不同而略有不同）C4上会得到高电平，对应CD4013单稳电路动作。若适当增大C4容量或减少C3容量，则需要更多的脉冲过后，单稳电路才会动作。正因如此，接收头IR的3脚输出的一两个干扰脉冲或干扰脉冲虽然很多但不是密集的，不会造成电路误动作，可见其抗干扰能力是很强的。

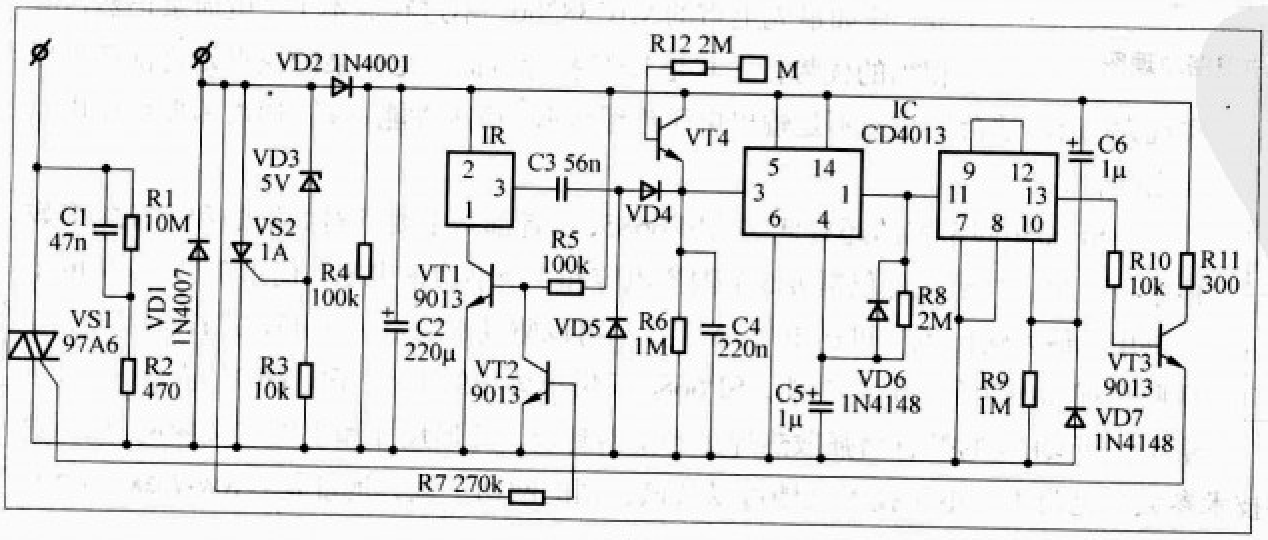


图1

此红外遥控开关一个独特之处是，一体化红外线遥控接收头IR采用的是脉动式电源供电，这样可以降低其供电电流。图中三极管VT1、VT2控制IR的供电电源。当二极管

VD1两端电压上正下负时，对应三极管VT2饱和导通，VT1截止，IR没有供电电压。当二极管VD1两端电压上负下正时，对应三极管VT2截止，VT1饱和导通，IR得到供电电压。正因如此，红外遥控开关处于关状态时，整个5V直流电源的负载电流很小，结果降压电容C1的容量可以选得很小。这里C1选用47nF的电容，就完全可以正常工作。可以粗略算出，红外遥控开关处于关状态时，流过整个开关的电流约为3.5mA，而5V直流电源的负载电流约为0.5mA（CMOS集成电路CD4013在5V电源电压工作下静态电流只有几个μA），此时整个开关的耗电只有十几毫瓦，包括电阻R1、R2、二极管VD1、晶闸管VS2以及5V直流电源中的耗电。由于流过灯泡的电流只有3.5mA，因此平时在灯泡上的耗电也很微小。虽然对红外线遥控接收头IR采用了脉动式电源供电，但实际使用时遥控距离没有受到什么影响，仍然可以达到七八米以上。

经实际使用发现，此开关的触摸灵敏度也很高。人站到干燥的木制凳子上，或手带着皮制手套，或手拿着名片用名片去触金属片M等，都能可靠触发开与关。

二极管VD1、VD2和单向晶闸管VS2、稳压二极管VD3、电容C2组成5V直流电源电路。当红外遥控开关处于关的状态时，交流市电经降压电容C1、电阻R2与5V直流电源电路构成回路。当红外遥控开关处于开的状态时，交流市电经双向晶闸管VS1与5V直流电源电路构成回路，此时流过VS1的是交流负载的较大电流，因此在5V直流电源中也可以建立较大的供电电流。图中R1为电容C1的泄放电阻。若此开关安装在台灯中，有了R1后，当台灯插头拔掉后，其两端很快就不会电人了。电阻R2为限流电阻，可保护VS1在被触发导通后，电容C1经VS1放电的电流不会过大。C3为抗干扰电容，可有效防止CD4013的单稳电路被误触发。电阻R4为5V直流电源提供放电回路，当交流市电断电后，C2、C6电容上的电荷可经R4较快放掉，这样当交流市电恢复供电时，可确保CD4013的双稳电路输出低电平。如果没有电阻R4，在红外遥控开关处于开的状态时，若出现交流市电断电后又较快恢复供电，由于C6两端还有电压，不能起到上电复零作用，就会造成双向晶闸管VS1一直处于单向导通状态，此时灯泡处于半亮状态，对应的遥控电路也不能正常工作。

对于40W灯泡，红外遥控开关处于关的状态时，实测C2两端电压约为5.5V，一体化红外线遥控接收头IR电源两端电压约为3.2V（指针式万用表10V直流电压挡的指示值，实际是脉动电，下同），IR输出端与地间电压约为4.5V。红外遥控开关处于开的状态时，实测C2两端电压约为4.6V，一体化红外线遥控接收头IR电源两端电压约为2.3V，IR输出端与地间电压约为3.6V。

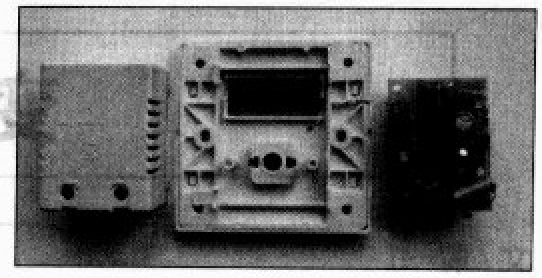


图2

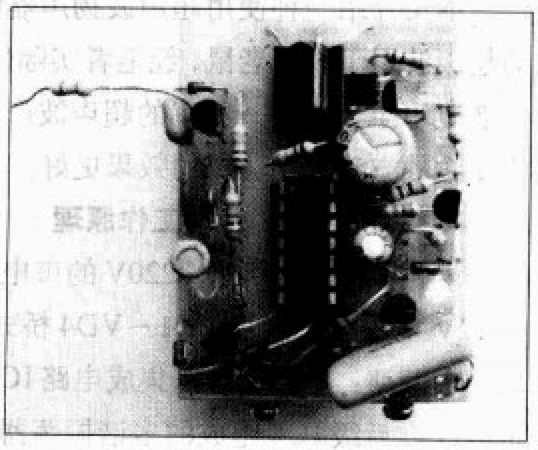


图3

此红外遥控开关所带灯泡功率的大小由晶闸管VS1、VS2和VD1二极管决定。图中VS1采用97A6，VS2采用MCR100-6，VD1采用1N4007，对应灯泡功率在100W以内。VT1～VT3均采用9013三极管。VD2为1N4001二极管。VD3采用稳压值为5V的小功率稳压二极管。VD4、VD5均为1N4148二极管。R1～R12电阻阻值分别如图1所示，功率均为1/16W。C1为47n/400V的CBB电容，C2为220μ/16V电解电容，C3为56n，C4为200nF，C5、C6均为1μ/16V电解电容。

制作建议

1.凡是采用降压电容和稳压二极管等元件组成的低压直流电源，最好能在低压直流电源两端加上一个过压保护电路，如采用单向晶闸管或三极管外加一个稳压二极管的电路。不然，万一低压直流电源中的稳压二极管断开，将会导致直流电源电压升得很高。本文中由于降压电容只有47n，因此即使稳压二极管VD3断开，流过直流电源的电流也不到2mA，不会导致直流电源电压升得太高，所以没有加设过压保护电路。2.为降低红外遥控开关处于开的状态时流过VS1控制极的电流，也可以采用类似本文中遥控接收头IR的脉动供电方式。因为一旦VS1电压过零后又被触发导通，其控制极就不再需要控制电流了。3.为确保红外遥控开关能从关的状态正常启动转为开的状态，低压直流电源中的滤波电容C2的容量可以适当取大些，同时VS1触发电阻R11可采用两个串联，而其中一个并联有电容的方式。4.组装此触摸遥控开关时，可采用市面上有售的86型带红色指示面罩的触摸延熄开关的外壳，把红外线遥控接收头IR装在红色指示面罩下方即可。若设计成台灯，注意接收头IR不要装在灯泡直射的下方，同时在接收头前加上红色的面罩。否则，会出现遥控开灯时很灵敏，而遥控关灯时不够灵敏的现象。

电路实物如图2、图3所示。

变频式超声波驱鼠器

文/俞 虹

本文介绍一种使用超声波扬声器的电路，该电路发出的超声波用于驱赶老鼠，经笔者实际使用，效果不错。为了使老鼠不至于对单一频率的超声波产生适应，该电路还采用变频的方法，使驱鼠的效果更好。

工作原理

电路图如图1所示。220V的市电由变压器T降压后变为12V电压经二极管VD1～VD4桥式整流和电容C1滤波后分为两路：一路经稳压集成电路IC1稳压，输出9V的稳定电压供后级IC4组成的多谐振荡器电路使用；另一路经可调稳压集成电路IC2稳压后输出11V的电压供IC3组成的锯齿波发生电路使用。

IC3等元件组成的锯齿波发生电路工作过程为：当11V电压加到电路上时，电源通过微调电阻RP2向电容C7充电。当电容上的电压达到约8V时，由于7脚放电管的作用，使7、6、2脚变为低电平，电容放电。当电容电压低到约4V时，电源又开始对电容C7充电，然后重复上述过程，这样就不断地输出锯齿波电压。调整微调电阻RP2可改变电容C7的充放电时间。从而达到改变工作频率。在这里使电路工作频率在1Hz～2Hz。

IC4等元件组成压控自激多谐振荡器。振荡频率随外加控制电压的变化而变化。D1和D2两个非门构成振荡器的基本元件。振荡也是通过电容C8、C9和电阻R3、R5的充放电完成，因此，电阻和电容的值会影响工作频率。当然，更主要的是通过改变电压来改变频率。振荡频率可以随着控制电压的增大而增大（当控制电压大于门电路的阈值电压时）。这里电阻和电容的值取100k和100p，控制电压在4V～8V范围内变化，则振荡频率在34kHz～50kHz之间变化，并且控制电压是锯齿波电压通过R4加入。为了增大输出功率，在D1和 D2的输出端分别接2个非门D3、D4和D5、D6。最后，输出脉冲信号加到超声波扬声器BL发出超声波达到驱鼠作用。

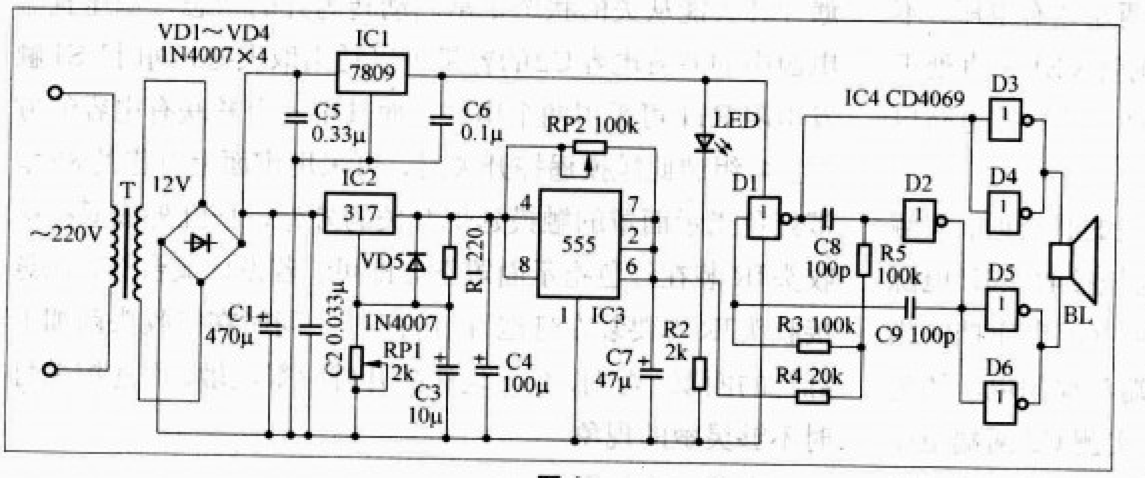


图1

元件选择

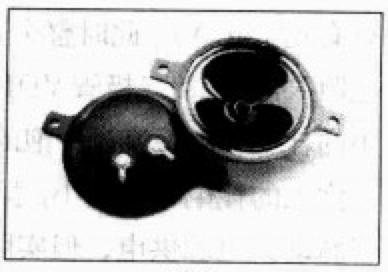


图2

变压器T选用3W双6V的。稳压电路IC1和IC2选用固定电压输出LM7809和可调电压输出LM317。时基电路IC3用NE555或LM555。非门集成块IC4选用CD4069或HCF4069。二极管VD1～VD5选用1N4007。电容C8、C9用瓷片电容。可调电阻RP1和RP2用立式微调电阻。超声波扬声器选用型号为AT5140，工作频率在2.5kHz～50kHz，外形如图2所示。读者也可选用性能相似的其他超声波扬声器，注意此扬声器不能用一般的收音机扬声器代用。

制作和调试

按电路图设计制作成电路板后，检查元件无误，接上变压器和超声波扬声器。通电后用万用表测IC1输出电压应为9V，IC2输出电压为11V，此电压如有出入，可调整RP1的阻值。正常后，IC3的7、2、6脚输出应为1Hz～2Hz的变化电压，如有出入，可调微调电阻RP2。如果多谐振荡器工作正常，则超声波扬声器会发出34kHz～50kHz的超声波。超声波人耳是听不到的，但能听到轻微的1Hz～2Hz的变频声，并且断开电源时也能听到声音，说明电路正常。如什么声音都听不到，应检查电路进行故障排除。

正常后，将变压器、电路板和扬声器装入自制的塑料外壳中，并固定好扬声器和变压器，然后在塑料外壳前面板上开一些小孔使超声波能够发出。这样，超声波驱鼠器即制成了。使用时，只要把驱鼠器放在老鼠经常出现的地方即可。如果空间比较大，可以使用多个驱鼠器，一般套房的储藏间一个驱鼠器就够了。但使用时空间内不要有太多的杂物，以免影响超声波的反射，使作用效果降低。

该驱鼠器还可以用来驱蚊子和其他害虫，真是一物多用。

实用电路模块应用

对射型红外线感应模块

文 / 陈有卿

本文介绍两款对射型红外线感应模块，可广泛用于各种自动检测、自动报警和自动控制等装置中，如门窗及各种人行通道的报警系统、流水线的自动控制、量值的统计等。

TX05C 对射型红外线感应模块

TX05C 是一种对射型红外感应专用模块。该模块分TX05C-T与TX05C-R两个独立的红外发射与红外接收模块。两模块的外形尺寸相同，均为32mm × 64mm × 17mm。模块的外形见图1，发射模块内部由电源管理器件、密码IC、红外调制电路和中功率红外发射管等组成，通电后正前方透镜小孔即向外发射经密码调制的红外光线，其内电路框图见图2。模块后面有发射指示灯和电源引线，电源线采用屏蔽线连接，芯线为电源正极 V_{DD}，屏蔽皮层为电源负极。接收模块内部设有5V稳压源、红外接收放大、解调及处理电路，内电路框图见图3。模块正前方的小孔为红外接收窗，在内部两侧面各设置有状态指示灯。当模块未接收到有效信号时，红色指示灯亮；收到信号时，绿色指示灯亮。输出线为双芯屏蔽线，红色芯线为电源正极线 V_{DD}，白色芯线为信号输出端OUT，屏蔽层皮网为电源负端。信号输出方式采用集电极开路输出，输出晶体三极管在绿色灯亮时截止，红色灯亮时，三极管导通，输出驱动能力大于50mA，并设有续流二极管，可直接驱动继电器。

图1

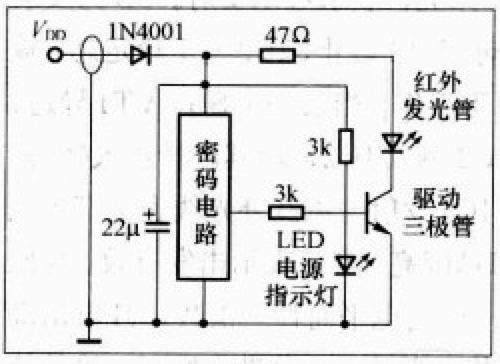


图2

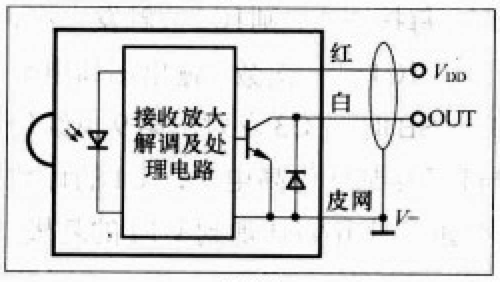


图3

表1 TX05C模块主要电参数

参数名称	单位	参数范围	
		TX05C-T 发射模块	TX05C-R 接收模块
工作电压	V	5~12	7~12
工作电流	mA	16~70	≤5
发射距离	m	3~7	
工作温度	℃	-20~+85	

TX05C 对射型红外线感应模块的主要电参数见表1。

发射模块的发射距离与工作电压高低有关，电压愈高，发射距离愈远，但最高工作电压不能超过12V，同时发射模块的工作电源应尽量使用稳压电路，以免瞬间超过12V时，烧毁内部电路。当作用距离足够满足使用的前提下，应尽量降低发射模块的工作电压，一是有效降低功耗，二是减少内部47Ω限流电阻的发热量。

图4是一个采用TX05C对射型红外线感应模块设计制作的办公楼走廊自动灯电路，当有人穿越走廊时，照明灯EL便会自动点亮1min左右。它主要由电源电路、对射型红外模块IC1与IC2、NE555时基电路IC3和IC式固态继电器SSR等部分组成。

电源电路由变压器T、二极管VD1~VD6、三端稳压集成块IC4及电容C3~C7等组成，电路通电后可输出9V稳定的直流电压供接收模块IC2、时基电路IC3等器件用电。VD5、VD6起降压作用，目的是减小发射模块的供电电压，以降低发射模块的功耗。

当无人经过走廊区域时，IC2接收到IC1发射的红外光线，模块内部的输出三极管截止，输出端OUT输出高电平。NE555时基电路IC3接成典型的单稳态工作模式，此时电路处于复位状态，3脚无输出，固态继电器SSR内藏发光管不亮，SSR第8与10脚间开路，灯EL不亮。

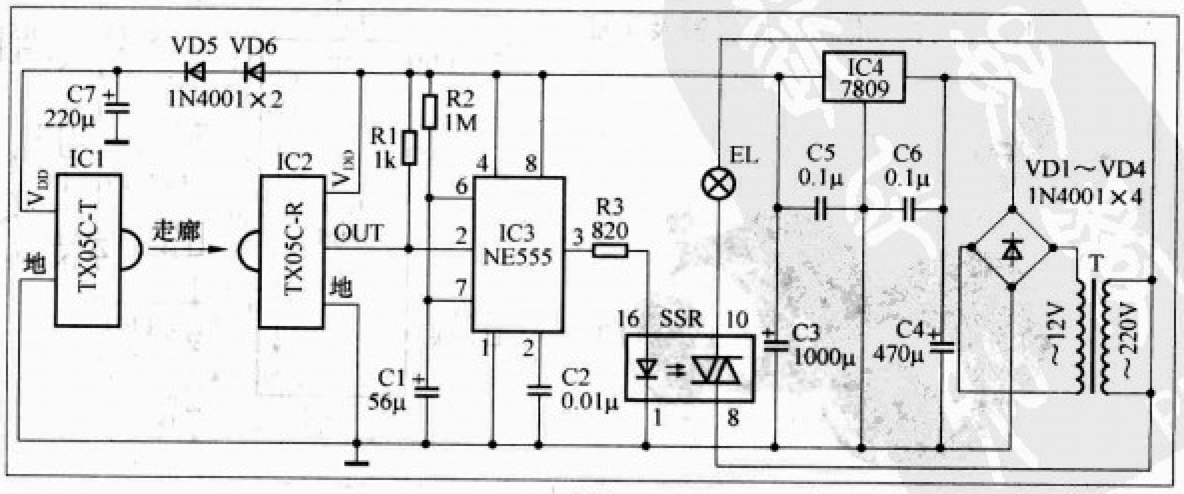


图4

当有人经过走廊区域时，就会阻挡IC1发出的红外光线，只要IC2一旦没有收到红外指令，OUT端内部三极管导通，即IC3的触发端2脚受到低电平触发，单稳态电路立即翻转进入暂态，3脚输出高电平，SSR内藏发光管发光，内部光控晶闸管开通，灯EL点亮发光。约经$t=1.1R2 \cdot C1 \approx 1$min后，暂态结束，电路回复到原来的静止状态，灯EL熄灭。如嫌灯亮时间不合适可以增减R2或C1的数值调整之。

SSR可选用IC式TAC018型固态继电器，它可以直接插焊在印制电路板上，电流容量为1A，可满足一般照明灯具等电器的工作需要。在安装时，发射模块与接收模块固定必须牢固，且模块的发射窗与接收窗必须保持在同一轴线上，否则电路不能正常可靠工作。

M18对射型红外线感应模块

M18对射型红外线感应模块是工业级的红外线感应开关模块，工作模式见图5所示。它采用在结构上相互分离且光轴相对放置的红外发射器和接收器两部分，发射器发出的红外光线可直接进入接收器，当被检测物体经过发射器和接收器之间且阻断光线时，接收器就产生了开关信号。在接收器背后有工作指示灯，当检测到物体时红色LED点亮，平时处于熄灭状态，非常直观。

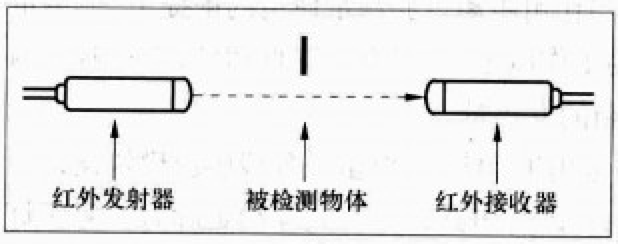


图5

M18对射型红外线感应模块的外形见图6所示，发射器仅两根引出线，棕色线为电源正线V_{DD}，蓝色线为电源负线；接收器为3根引出线，其中棕色线为电源正端V_{DD}、蓝色线为电源负端、黑色线为信号输出线。接收器采用NPN晶体三极管集电极开路输出，典型应用电路见图7。在检测时，当有检测物阻断红外光线时，模块接收器内部输出三极管导通，可使外接负载通电工作。该模块可广泛用于围墙、门窗、走廊监控报警及工业检测等场合。其主要电参数见表2。

图6

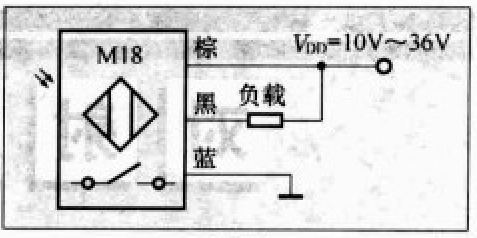


图7

表2 M18对射型模块主要电参数

参数名称	单位	参数值
工作电压	V	10~36
工作电流	mA	≤10
输出驱动电流	mA	300
指向角度	°	≤5
检测距离	m	20
被检测物最小直径	mm	5
工作温度范围	℃	−25~+70
模块几何尺寸	mm	Φ18×75

这里介绍一个采用M18对射型红外线感应模块设计制作的红外光电枪射击游戏器，它由红外光电枪与红外光电靶两部分组成。光电枪做成步枪形状，闭合电源开关后，它最多只能连发9次红外光束，若要发第10枪必须要将电路复位。

红外光电枪的电路如图8所示，它主要由十进制计数分频器数字电路IC1、NE555时基电路IC2、M18对射型红外模块的发射器IC3等部分组成。

合上电源开关S1，C1与R1组成的微分电路首先对IC1清零，使Q0端输出高电平，其余输出端Q1~Q9为低电平。由于$\overline{EN}$端和Q9的低电平相连，故IC1处于允许计数状态。此时，绿色发光管LED1点亮，表示可以发射。SB为发射枪板机。平时，SB未按动，VT1截止，IC2处于稳定态，输出端3脚为低电平，IC3不工作。当按一下SB，VT1导通，集电极输出低电平，经C2触发IC2，使其翻转进入暂态，IC2的3脚输出高电平，IC3发射一束红外光线表示打了一枪，同时黄色发光管LED3闪亮一下，表示击发有效。与此同时，IC1的CP端得到一个高电平而计一次数，Q1输出高电平。放开SB后，VT1恢复截止，电路进入发下一枪的待机状态。当陆续按动SB时，每按一次，则IC2被触发一次，IC3发射一束红外光线，同时IC1计一次数，输出端高电平向前移一位。当第9次按动SB时，IC3发射出第9束红外光线，同时，IC1的Q9与$\overline{EN}$端都变为高电平，IC1的计数状态被禁止，Q9的高电平亦同时由VD1加到VT1的基极，

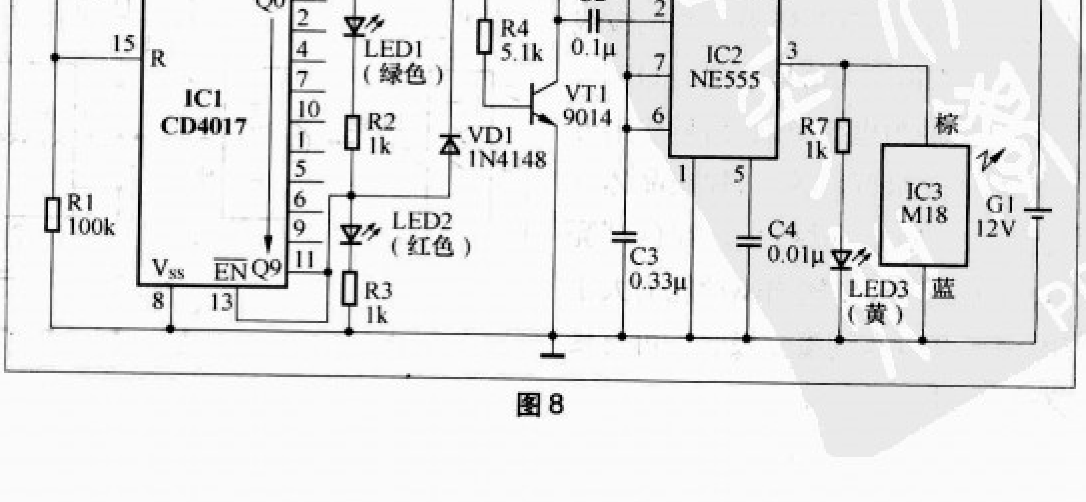
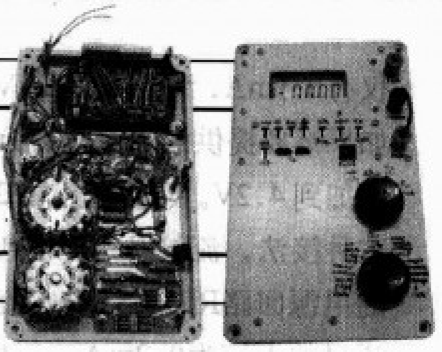


图8

用ICL7129制作4位半多用表



文/罗文 罗清华

ICL 7129具有许多优点：分辨率高，可达±19999个记数，精确度为0.005%，在200mV挡可分辨10μV，量程有2.0000V及200.00mV两挡，而且切换方便；最大输入偏置电流仅有10pA，噪声电压仅有3μV；零点漂移温度系数低，为0.5μV/℃；电源消耗仅为1mA(9V)；滚转误差为1个计数，等等。其缺点是需要三个背电极的LCD显示片，不容易买到。笔者以市售7129面板表为基础，自制了一款多用表，现作一介绍。该面板表含三个背电极的LCD显示片及MAXIM公司的ICL7129A芯片。

一、表头解决的问题

1.电源与测量基点的选择

7129最大供电电压为15V，一般选9V。用9V供电的电路有3种选择：9V，±5V，+4.5V~4.3V。第一种方案直接用9V电池供电，见图1（a）。第二种方案一般用于交流供电，便携式的表不采用。第三种方案见图1（b）~图1（e）。该方案中的-4.3V是由+4.5V电源经ICL 7660S负电源产生电路变换出来的(在负载电流小于10mA时)。对7129的电源而言，图1（a）、图1（b）、图1（d）与图1（e）是基本相同的，电源仅有正、负两个端子，图1（c）是另一种形式，电源有正、零、负三个端子。

测量基点（即IN－）接在何处的问题影响电源的选择。对于正零负3个端子的电源，IN－可接在电源的零点上。而对于2个端子的电源，由于7129提供了一个COM端，与电源正极间有稳定的3.2V电压输出，面板表正是用COM端做测量基点的，如图1（a）所示。但是COM端子能提供的电流较小，灌电流在V+与COM间电压增加0.1V时

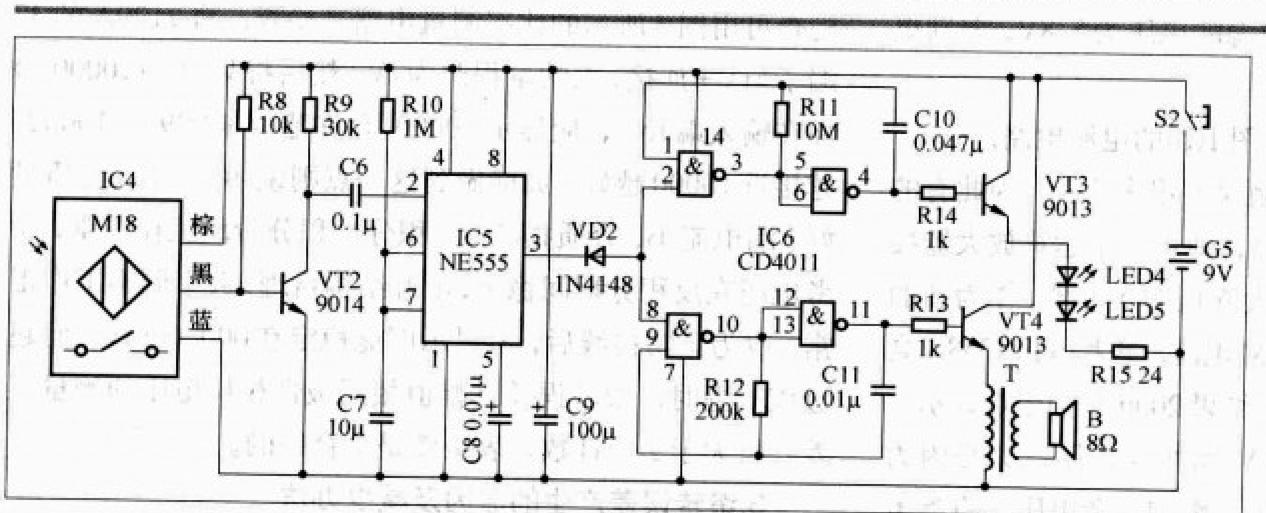


图9

使VT1保持自锁导通状态。如果再次按动SB时，VT1无负脉冲输出，IC2不能被再次触发，同时红色发光管LED2点亮，表示这一局发射枪数已到。S1在本电路里既是总电源开关，又是复位开关，只有打开S1再重新合上，使IC1复位后，电路才能进入下一局射击。

红外光电靶的的电路见图9所示，电路主要由M18对射型红外模块的接收器IC4、NE555时基电路IC5、4-2输入端与非门数字集成电路IC6等元器件组成。

图中，IC6的第1~6脚两个与非门组成超低频振荡器，第8~13脚两个与非门则组成音频振荡器。但两个振荡器振荡与否还受NE555时基电路IC3第3脚输出电平的控制，当3脚输出低电平时，VD2导通，两个与非门的输入端2脚和8脚被钳位在低电平，电路停止振荡；只有3脚输出高电平时，VD2反偏截止，由IC6构成的两个振荡器起振，电路工作。

调节R10或C7数值可以调整单稳态触发器的暂态时间长短；调节R11或C10，可以改变发光二极管的闪光频率；调节R12或C11，可以改变扬声器的叫声频率。需注意的是，VT3、VT4放大倍数β值的大小对闪光频率和叫声音调也有较大影响。T可选用普通晶体管收音机里用的小型输出变压器，其他元器件参数如图9所示。

实际制作时，应将图8电路装入自制步枪的枪托内部，将IC3置于枪管内，发射孔向外，以使红外光束能从枪管中射出，并在枪管上按三点一线原则制作瞄准用的准星。图9电路则安装在一个木制小盒内，在靶芯正中开一个小孔，内置IC4，并使其接收孔对准靶心小孔。调试方法：主要是调整自制步枪的准星位置，先暂时断开IC3与IC2第3脚的连线，将IC3的V_{DD}端直接接电源正端，使IC3连续发射红外光线，然后请一射手持枪瞄准靶心，调整准星位置，使靶子的接收器IC4受光，表示准星位置已调准，此时固定准星位置不变，并还原IC2与IC3之间的电路即可。

仅有0.1mA，源电流在COM电压减少0.1V时仅有11μA。如果需要提供的灌电流为1mA，则V+与COM间电压会增加到4.2V。对于采用图2所示电路的多用表，如果采用这种接法，流过COM的电流会很大。可以算出电阻测量的电源回路R21流过的电流为0.6mA，参考电压回路R33流过的电流为0.2mA，三极管放大倍数测量回路TX流过的电流为4mA(β=400)，以上可能同时出现，总的灌电流可达4.8mA，COM电压将增加至 8V，这是不可接受的。在三极管放大倍数测量回路未工作时，实际测量COM电压增加到6.5V，这说明COM电流已达3.3mA了。而且COM电压会随着COM电流的变化而变化，影响COM端子对参考电压的预稳压作用。

测量基点的选择还受7129的抗共模电压范围（±0.5V～±1.5V）的限制。无论选COM还是电源中点作为测量基点，共模电压都未超出。在被测量的共模电压未超过7129的抗共模电压范围时，测量结果由差模电压决定。因此采用图1（c）的电源，共模电压满足要求，测量结果完全由差模电压决定，正负电源电压4.5V与4.3V的差别不会影响测量结果。事实上，在用COM作测量基点的电路中，从COM至正电源的电压为3.2V，至负电源的电压为5.8V，差别更大。

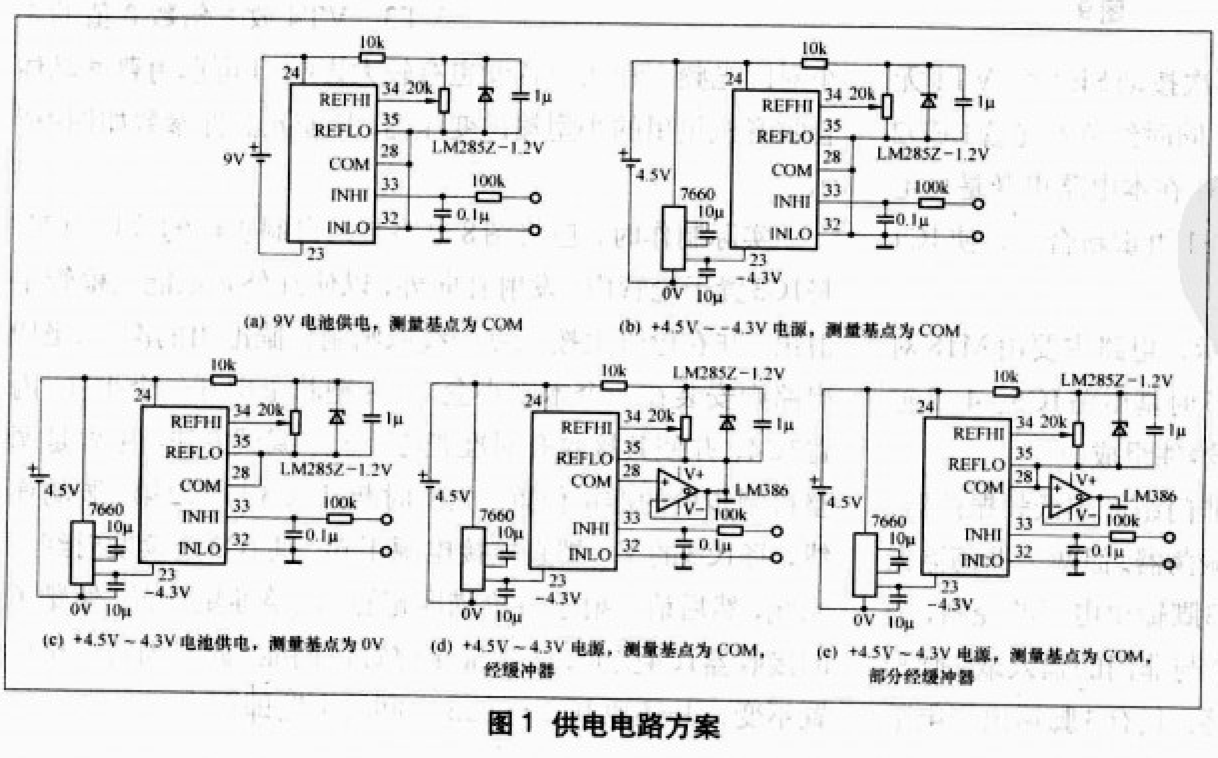
因此，笔者未采用图1(a)、图1(b)的电源电路。

如上所述，COM电流的限制对多用表不利，为此有的成品多用表采用图1（d）的电路，即用一个运算放大器接成电压增益为1而输出电阻大大降低的缓冲器，作为新的COM端，以期能提供较大的COM电流。笔者用LM358N高阻抗运放，采用图1（d）电路，结果200mV挡零点显示一直在000.06mV～000.20mV间波动，原以为是因为LM358N输入端高阻有感应电压，影响参考电压。将参考电压移回COM端供电，如图1（e）所示，结果没有任何改善。改变电路的元件质量或数值无济于事。在26脚（INT OUT）与COM间外加560pF电容串联1.2k电阻的补偿电路（原面板表有，但7129A使用手册明文规定内部已有补偿，外部不用像7129那样再加补偿），零点波动反而加大，在+000.20mV～－000.40mV间。更换一块新的7129A，现象仍然存在。最后分析原因可能是LM358N运放本身有噪声产生，更换一块LM358N后解决了此问题，零点稳定在+000.00mV～－000.01mV范围。改用低噪声单运放，改进PCB的设计，缩短连线，会改善这一现象。不过从简洁的原则出发，现在可以放弃图1（d)、图1（e）电路了。改用图1（c）后，零点稳定在+000.00mA～－000.01mV间，符合7129A的性能规定。不达到这一点是无法开展下一步工作的。

2.对外围元件的要求

参考7129A使用手册，计算外围元件的数值，结果示于图2。手册的叙述外围元件不是很关键，然而却是很重要的，有严格的要求，主要是积分电容C_{int}、参考电压电容C_{ref}需采用聚丙烯电容，可用MKP或CBB电容。电容质量的检查可用图3所示的比率测量电路来检查。将7129A的37端子与V+连接，表的量程改为2V，然后将V_{ref}+（1.0000V）加在输入端IN_{hi}，应显示10000，允许范围是9998～10002，越接近10000越好。如能做到这一点则说明C_{int}及C_{ref}质量好，漏电流小，介质损耗小，积分反积分阶段工作正常，参考电压在反积分期间稳定，电源结构合理，数字调零工作正常。改为正常接线后，零显示即能稳定在000.00mV。而超过该范围时，滚转误差（幅值相同极性相反电压的测量误差）将大于2个计数，表头就是不合格的。

3.滚转误差产生的原因及减少办法



(a) 9V电池供电，测量基点为COM

(b) +4.5V～-4.3V电源，测量基点为COM

(c) +4.5V～4.3V电池供电，测量基点为0V

(d) +4.5V～4.3V电源，测量基点为COM，经缓冲器

(e) +4.5V～4.3V电源，测量基点为COM，部分经缓冲器

图1 供电电路方案

图4中在C_{ref}两端总会有一些寄生电容C1、C2存在。在测量负极性电压时，在反积分阶段，寄生电容C1、C2上的电压不会变化，而在测量幅值相同的正极性电压时，在反积分阶段，寄生电容C2由C_{ref}充电，电压由0向$-V_{ref}$变化，必然会引起V_{ref}稍稍下降。计数斜率等于$V_{ref}/(C_{int}\times R_{int})$，$V_{ref}$下降使计数斜率下降，引起读数计数稍有下降，这便产生滚转误差。滚转误差在200mV挡不应大于1个计数。减低方法就是选择正确的电路结构，同时尽量减少寄

生电容，即缩短连线增大距离，采用质量好的印制电路板。电路板要清洗干净，同时要涂一些保护漆层，或者更简单，涂一层纯酒精与松香的溶液，以防受潮。

以上几个问题对于其他的数字表IC也有参考意义。

二、多用表的设计、调试及使用

1.、量程的设计

为便于小数点的设定，量程见附表。

此外还有二极管测量，通断测量，10A电流测量。在这些量程中，2000V电压对于多数成品万用表只能做到直流1000V和交流700V，这是由于切换开关集成在印制板上，承

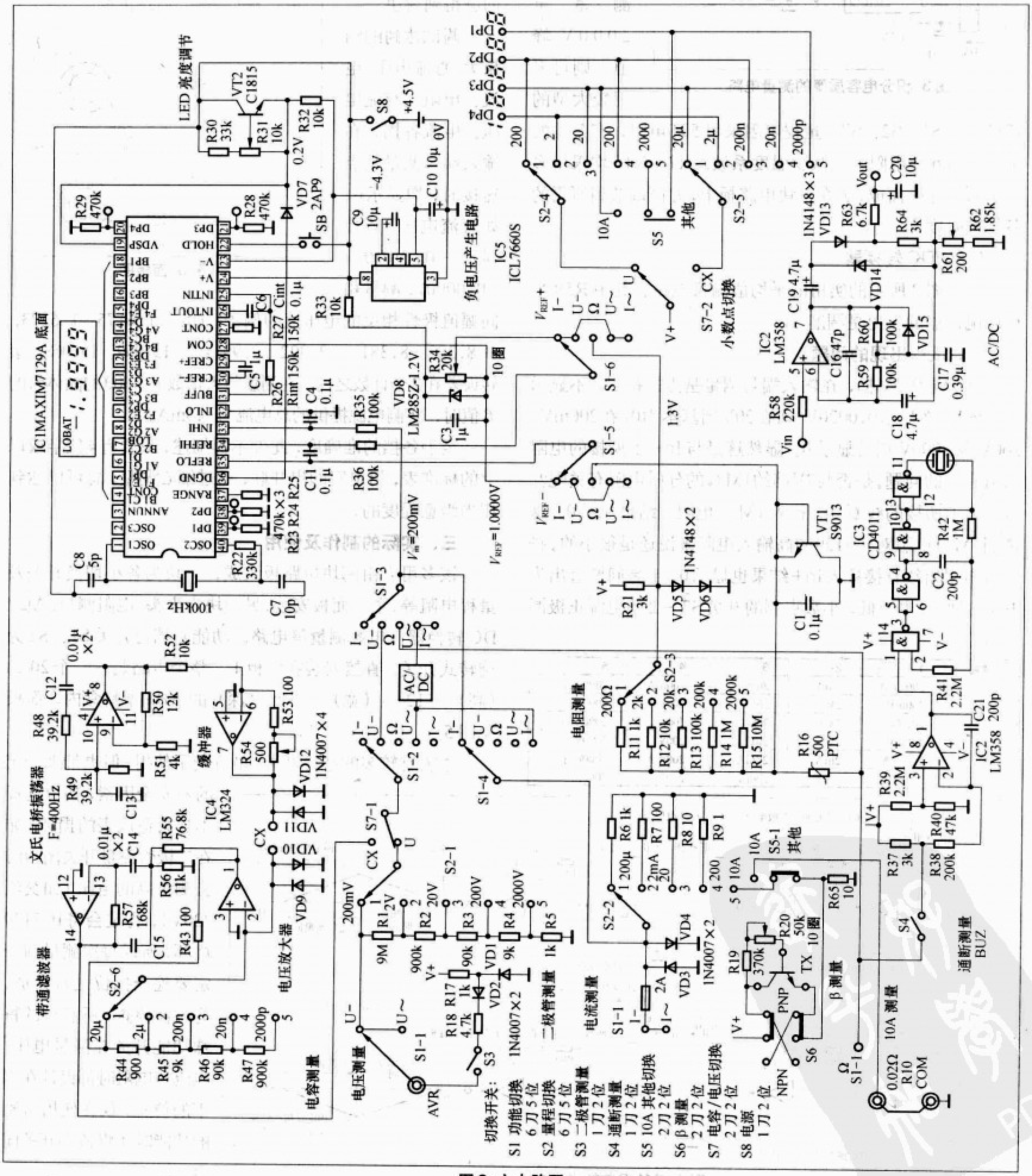


图2 主电路图

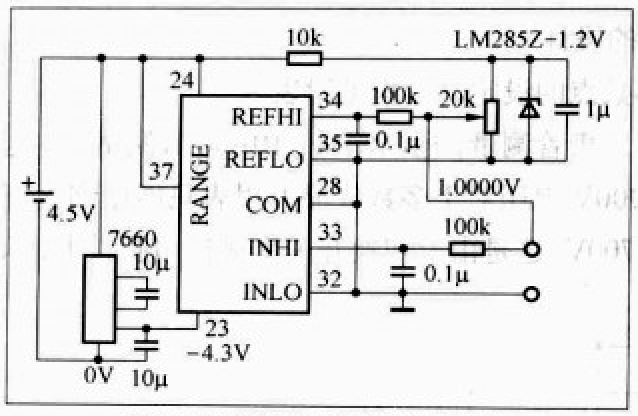


图3 积分电容质量的测量电路

受电压的间距较小的缘故。而对于这款自制的万用表如需测量至2000V峰值，则可采用较大型的切换开关S1、S2、S7。量程电阻采用5环电阻，有条件的可以采用6环电阻，以减少温度系数。R1~R15均采用多个电阻串并联而成，装在一块电路板上，方便调节到所需的各挡准确度。

2.AC/DC转换器

采用图2所示的实用的平均值测量电路。其中R59半可调电位器的作用是调准。

3.调试中出现的问题

直流电压2V挡，在输入端与测量基点短接时，不显示0.0000V，而显示0.0020V，而在20V挡基本为0，在200mV、200V及2000V挡则显示0。显然这是与In+上所接的电阻阻值有关的问题，是否与2V挡约1MΩ的分压电阻有关呢？将In+上所接的线断开，接入1MΩ电阻，结果显示0，这说明1MΩ电阻对于7129的高输入电阻来说还是很小的。将分压电阻出线直接接入In+结果也显示0，于是问题查出为开关S7绝缘电阻低，小数点侧的开关S7－2的电源正极漏电至输入回路S7－1。该开关绝缘及耐压要求较高，宜选用大一点的质量好的，更换开关后，问题得到解决。

附表

挡别	1	2	3	4	5
I−	200μA	2mA	20mA	200mA	2000mA
U−	200mV	2V	20V	200V	2000V
R	200Ω	2kΩ	20kΩ	200kΩ	2000kΩ
U～	200mV	2V	20V	200V	2000V
I～	200μA	2mA	20mA	200mA	2000mA
C	20μF	2μF	200nF	20nF	2000pF

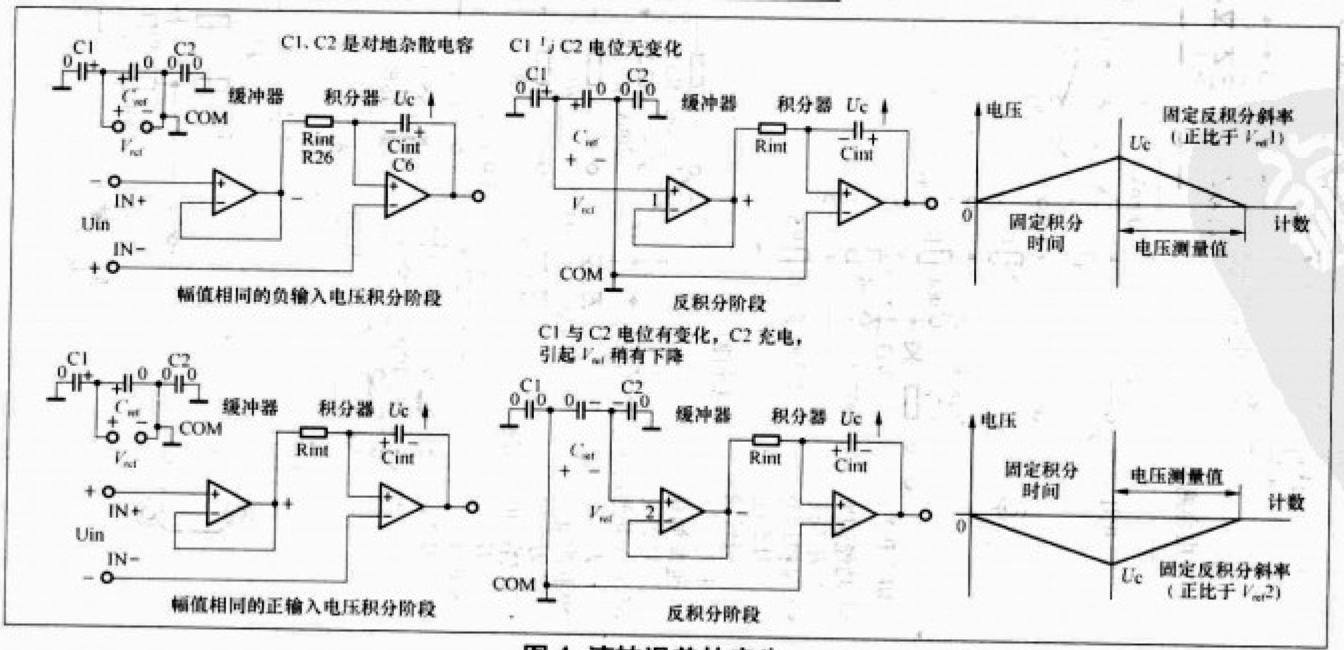


图4 滚转误差的产生

调试达到的结果为：直流电压、电流、电阻、交流电压、电流各挡，在输入端与测量基点短接时，均显示0，如直流电压2V挡显示－0.0000～－0.00001。测量相同幅值极性相反的电压值的例子，如：−1.6175、1.6173；－8.382、8.381；−9.992、9.991； −15.069、15.068，滚转误差在2个计数之内。在测量放大倍数β=300的晶体管的β值时，实测电源提供的总电流为5.3mA。

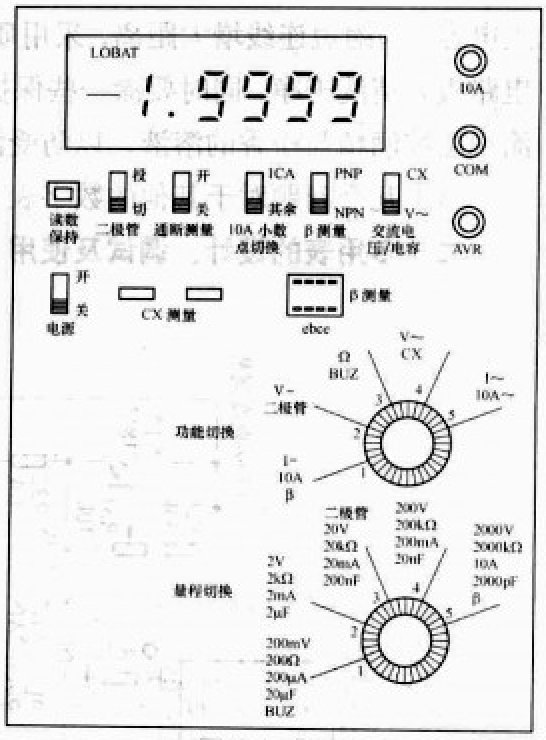


图5 面板图

至于各挡的准确度，此处不再细述，只要有4位半或以上的标准表，用电阻的串并联，通过细心调整，总可以达到相当满意程度的。

三、实际的制作及使用

该多用表由两块电路板组成，一块为各小切换开关及量程电阻等，紧贴面板安装，另一块为表头、电阻测量、AC/DC转换器、电容测量等电路。功能及挡位开关S1、S2为旋转式开关，直接安装在面板上。整个电路装在一个20cm（高）×12cm（宽）×6cm（深）的ABS塑料盒内。面板见图5。

本表有较多的选择开关，虽方便了使用，但也带来一定的不安全因素，挡位选择不当会造成表的损坏，如在二极管测量开关闭合时去测量高的电压（如交流220V），肯定会将IC7129烧坏，所以每次测量前一定要检查挡位是否合适。为方便检查，所有小的特殊功能开关在测量电压、电流和电阻时都设计在靠下的位置，仅在使用特别的功能时才将该小开关闭合。

新品速递

高亮度LED专用电源控制芯片

文 / 吴红奎

LinkSwitch-TN系列：通用型非隔离型单片开关电源IC

LinkSwitch-TN系列是PI公司推出的通用型非隔离型单片开关电源IC，目的是用来替代电容、电阻降压式电源以及由分立元件组成的非隔离型开关电源，可用于各种小家电，如咖啡壶、电饭煲、洗碗机、微波炉等。LinkSwitch-TN系列包括4个型号，见附表。附表中，MDCM表示极端非连续导通模式，CCM表示连续导通模式，一般而言，DCM（非连续导通方式）的EMI特性比较好，低压整流可以使用低成本的快恢复整流管，但是效率稍低，而CCM则相反，效率稍高但是需要采用肖特基整流管，要获得同样的EMI特性，电路要复杂些。附表型号中的后缀字母P表示DIP8B封装，G表示SMD8B封装，它们中的“B”表示B型封装。

LinkSwitch-TN系列的优点除了效率较高外，保护功能也非常完善，可兼容常见的EMI和节能规范，能实现完全SMD（贴片）生产方式，同时该系列的适用范围也比较宽，从20mA～300mA规格的HB LED都需改变的是修改外围电阻的数值。

图1是一个实用的采用LNK304P的AC－DC非隔离型开关电源，适用于20mA的高亮度白光LED（20个LED可以满足一般家庭照明以及书写台灯应用）。图2是一个采用LNK306GN的非隔离型开关电源，可以驱动3W的HB LED，后缀字母“N”表示无铅封装。

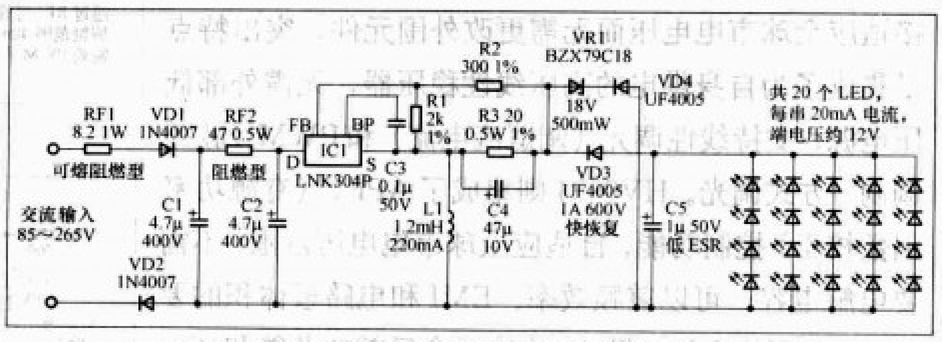


图1 适合20mA规格的LED电源

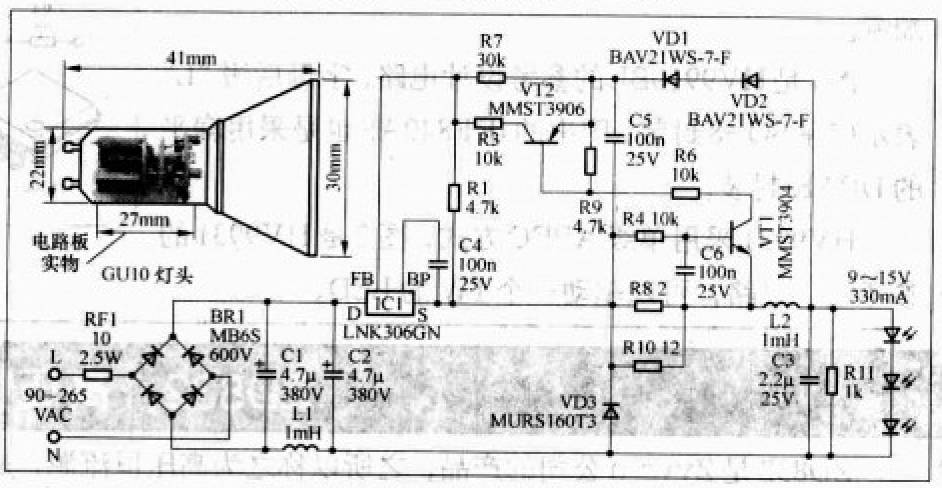
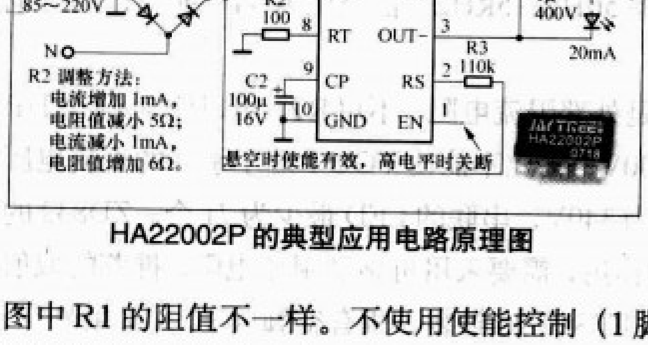


图2 适合300mA规格的LED电源

附表 LinkSwitch-TN系列的主要型号规格

型号	最大连续输出电流			
	230 V AC ± 15%		85～265 VAC	
	MDCM	CCM	MDCM	CCM
LNK302P/G	63mA	80mA	63mA	80mA
LNK304P/G	120mA	170mA	120mA	170mA
LNK305P/G	175mA	280mA	175mA	280mA
LNK306P/G	225mA	360mA	225mA	360mA

HA2200xP系列：HB LED专用高压单片集成电路



HA22002P的典型应用电路原理图

HA2200xP系列HB LED专用高压系列单片集成电路，目前共有4个型号，引脚完全兼容。HA2200xP系列的最大恒流电流80mA，由外部电阻设定，恒流精度以型号后缀字母分为A、B、C三个等级：±2.5%、±5%、±10%。根据HA2200xP系列的典型应用电路原理图来推测，HA2200xP系列以高压线性恒流源的方式工作。

HA2200xP的外围电路非常简单，输出端最佳直流电压范围150V～180V，不能小于30V（HA22002P）或者90V（其他型号），有使能控制端子。附图是HA22002P的典型应用电路原理图。不同型号，图中R1的阻值不一样。不使用使能控制（1脚）功能时，1脚直接悬空即可，如果要使用使能控制功能，为了减小输出回路中的电流变化率，推荐在HB LED回路中串联一个1mH～2mH的电感。从附图可以看出，该系列芯片无需电感和高压大容量电解电容，应用电路体积可以做得比较小，缺点是驱动电流偏小，只能驱动20mA规格的HB LED。

HV9910、HV9910B和HV9931：LED专用PWM控制器

HV9910、HV9910B和HV9931都是Supertex公司专门为LED采用市电供电而开发的PWM控制器，其中HV9910、HV9910B在国内的应用比较广泛，HV9910B是HV9910的改进增强型版本，引脚完全兼容，所需外围元件少，输入电压的适应范围宽，可以直接适应全球市电电压而无需更改外围元件，突出特点是集成了为自身供电的高压线性稳压器，无需外部低压电源，支持线性调光（调恒流电流）和PWM（脉宽调制）方式调光。HV9931则集成了APFC（有源功率因数校正）控制功能，自适应全球市电电压范围，不需要电解电容，可以兼顾效率、EMI和电路板体积的要求，支持PWM方式调光，比较适合目前的节能和环保潮流。

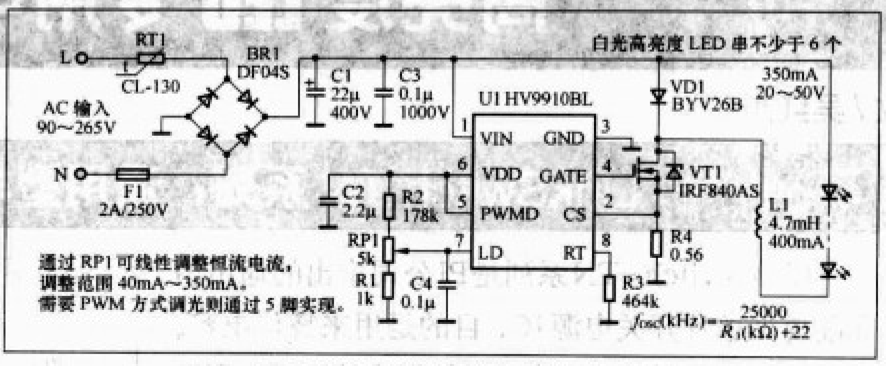


图1 HV9910BL参考设计电路

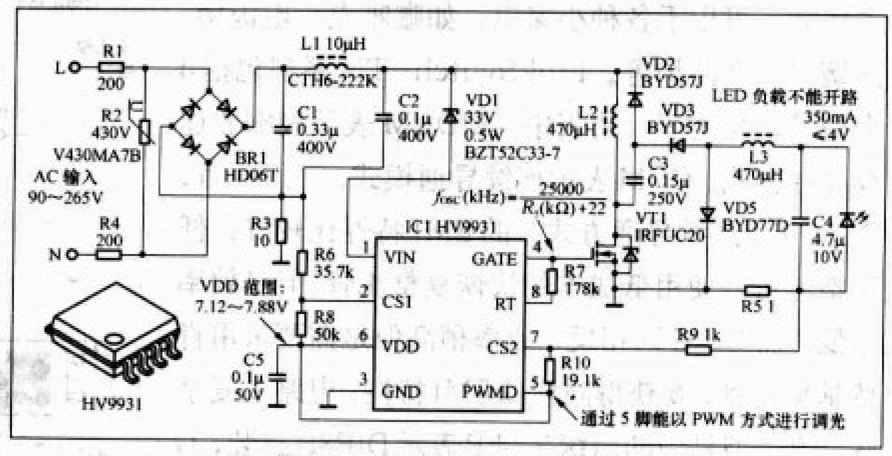


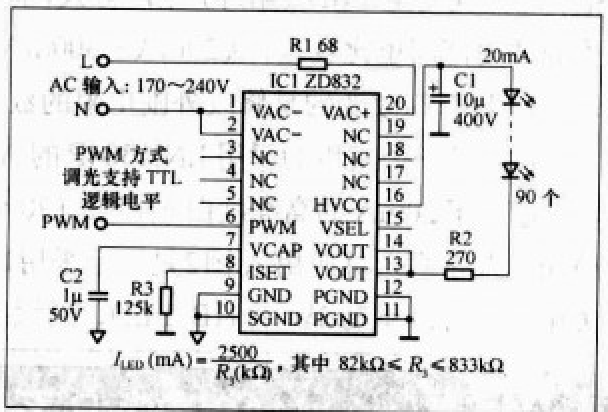
图2 HV9931参考设计电路

图1是HV9910BL的参考设计电路，字母后缀"L"表示扁平SO−8封装，图中的IRF840AS也是采用扁平的DPAK封装。

HV9931采用单级APFC方式，图2是HV9931的参考设计电路，可以驱动一个1W的LED。

ZD832：高压恒流源

ZD832是Zywyn公司的产品，之所以称之为高压恒流源，是因为它并非采用开关方式工作，可以理解为一个高压供电（133V或者312V）的恒流控制电路，内部集成了整流桥，高压滤波电容需要外接，直接以AC方式供电，无需变压器或者电感，以线性方式工作，EMI问题可以忽略，思路非常有特色。

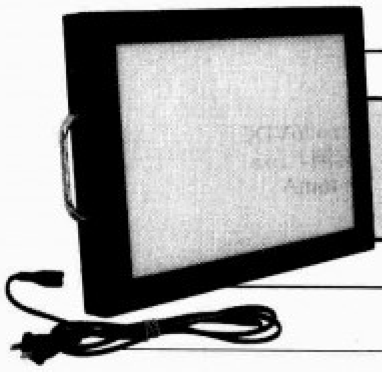


以线性方式工作的ZD832

附图是ZD832用于220V市电规格的典型应用电路原理图，交流输入电压范围170V～240V，用于110V/115V市电规格时，需要将ZD832的15、16脚直接相连，交流输入电压范围85V～170V。图1所示电路的电流输出范围是3mA～30mA，所以只能适用20mA规格的HB LED，输出电流由外围电阻设定，计算公式如附图所示。

ZD832支持两种方式的调光，一种是线性方式，R3不用，将一个0～1.25V的直流电平加至8脚，通过调整恒流电流的大小进行调光。另一种方式是以PWM方式调光，PWM信号频率50Hz～5kHz，占空比10%～90%，同时也支持TTL电平进行关断控制，不使用调光功能时，该脚悬空即可。

按照图1元件规格，16脚输出的直流电压范围是240V～340V，R2是外部限流电阻，不用R2，可以驱动94个HB LED，VOUT（13、14）是内部VMOS开漏输出端，可耐受电压7V～100V，因此不能使VOUT端子承受的直流电压超过100V，即串联的LED不能太少。按极限值计算，HVCC（16脚）为340V，串联的LED最少为71个。ZD832的交流输入端能承受的最大交流电流，不能大于30mA，R1兼有保险丝的作用，需要采用可熔型阻燃电阻，推荐的取值范围是47Ω～82Ω，功率0.25W。ZD832采用的是带增强散热焊盘的TTSOP20封装，所有空脚（NC）必须悬空，不能与电路有电气联系。附图电路除了LED外，所有器件可以安装于20.5mm×15.5mm见方的单面PCB上，组件高度由高压电解电容C1决定。



自制高亮度、低功耗LED观片器

文/孙志甫

笔者自制的这款LED高亮度、低功耗观片器有两个用途：1.可供专业摄影工作者或业余摄影爱好者在制作大幅彩色照片或图片时，分析或鉴别其彩色反转片的拍摄质量和效果。2.可供医生进行彩超或查看X光片时读片之用，若再配置一台小型逆变电源，即可在不改变本背光源任何结构情况下，使它具备交直流两用的功能，尤其适合医生在抗灾抢险无交流电源的特殊情况下的应急使用。

技术特点

该观片器的背光源采用的是LED高亮节能新光源，极其耐震，结构上不存在破损问题，完全避免了目前有些市售产品“背光源”内采用的细荧光灯管（直径3mm～5mm）脆弱而易碎的弊病。亮度高、色温高（约5000k）、功耗低（约6W），使所显示的“反转片”或“彩超片”的图像色彩鲜艳、层次分明、自然逼真，比目前市售商品“背光源”在亮度、色度、图像的显示尺寸及携带的的方便性上都要胜出一筹。

电源部分采用电容限流式整流电源，设置在机壳内，不需要外接直流稳压电源（注：市售产品大多需要一个外接直流稳压电源），由于省去了变压器、直流稳压电路及高压触发升压装置，不仅节约了成本，还简化了电路，缩小了安装空间，使该观片器能做到如笔记本电脑那样的厚度。

背光源的外观、结构尺寸示意图见图1，其电原理见图2，电源印制电路见图3，LED灯板条电路连接见图4。

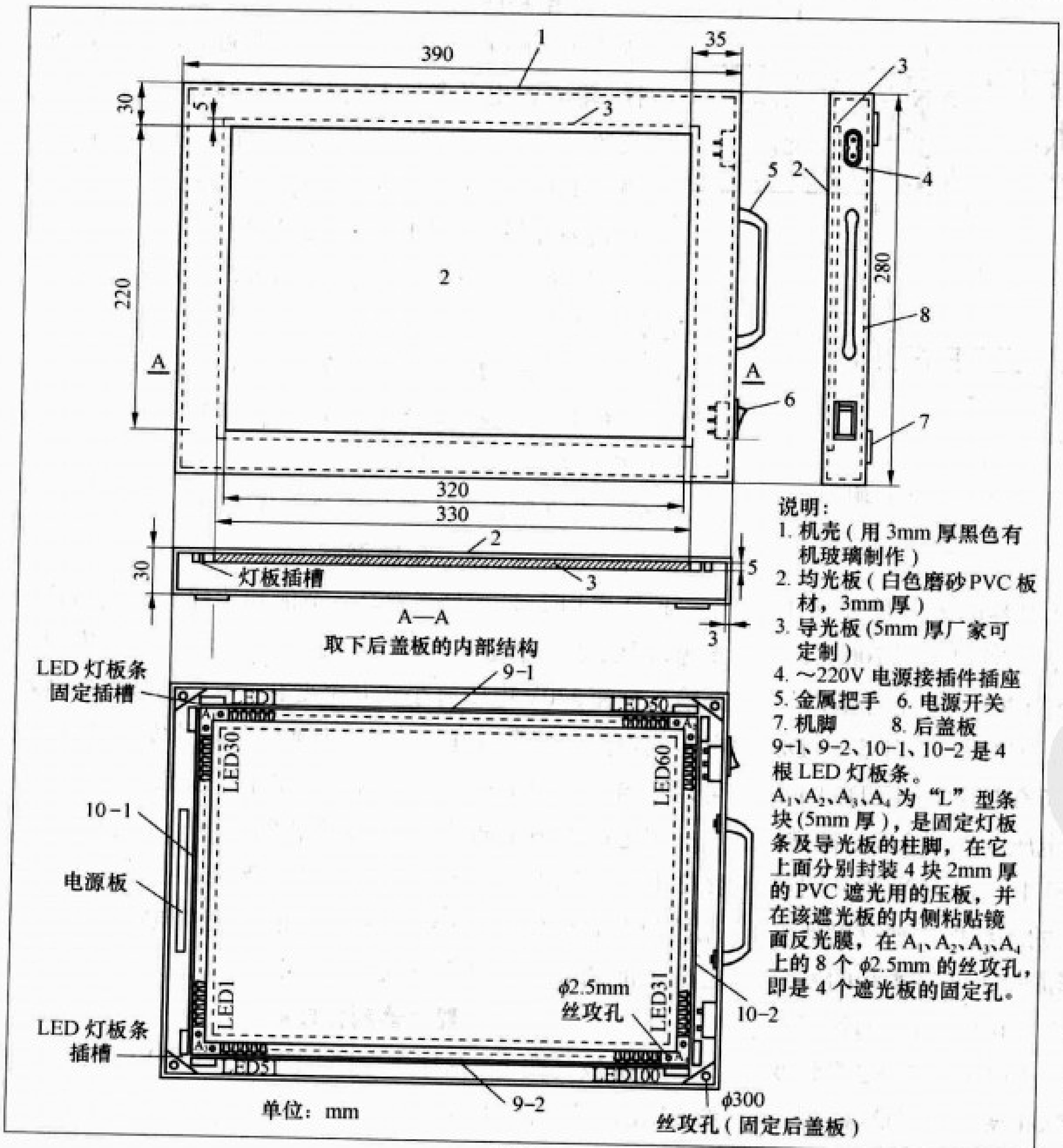


图1

工作原理

该观片器电路采用电容限流式整流电源方式给负载供电，即在交流电路中利用电容所产生的容抗X_c对交流电流限流，将电流限制或锁定在负载所需工作电流值内，再经整流滤波、变成直流电流加到负载LED上实现“降压”目的。这个限流电容仅与交流电源起能量交换作用，本身并不消耗有功功率（存在一定无功损耗），采用电容限流式整流电源的好处就是可省去一体积较大的电源变压器，大幅缩小安装的空间，使装置小型化、便携化。具体电路参见图2。由于该背光源的二路LED负载大小不同、故需分别独立设计两个电容限流整流电源E1和E2，分别供给各自负载。其工作原理如下：将本机电源插头插入交流电源插座中，使L、N两端得到交流220V 电压、合上电源开关S，此时220V交流电经C2限流、VD1～VD4桥式整流，变成直流，再经C4～C7滤波平滑后加到负载LED1～LED100，使之点亮发光。由于该负载两端所产生的电压

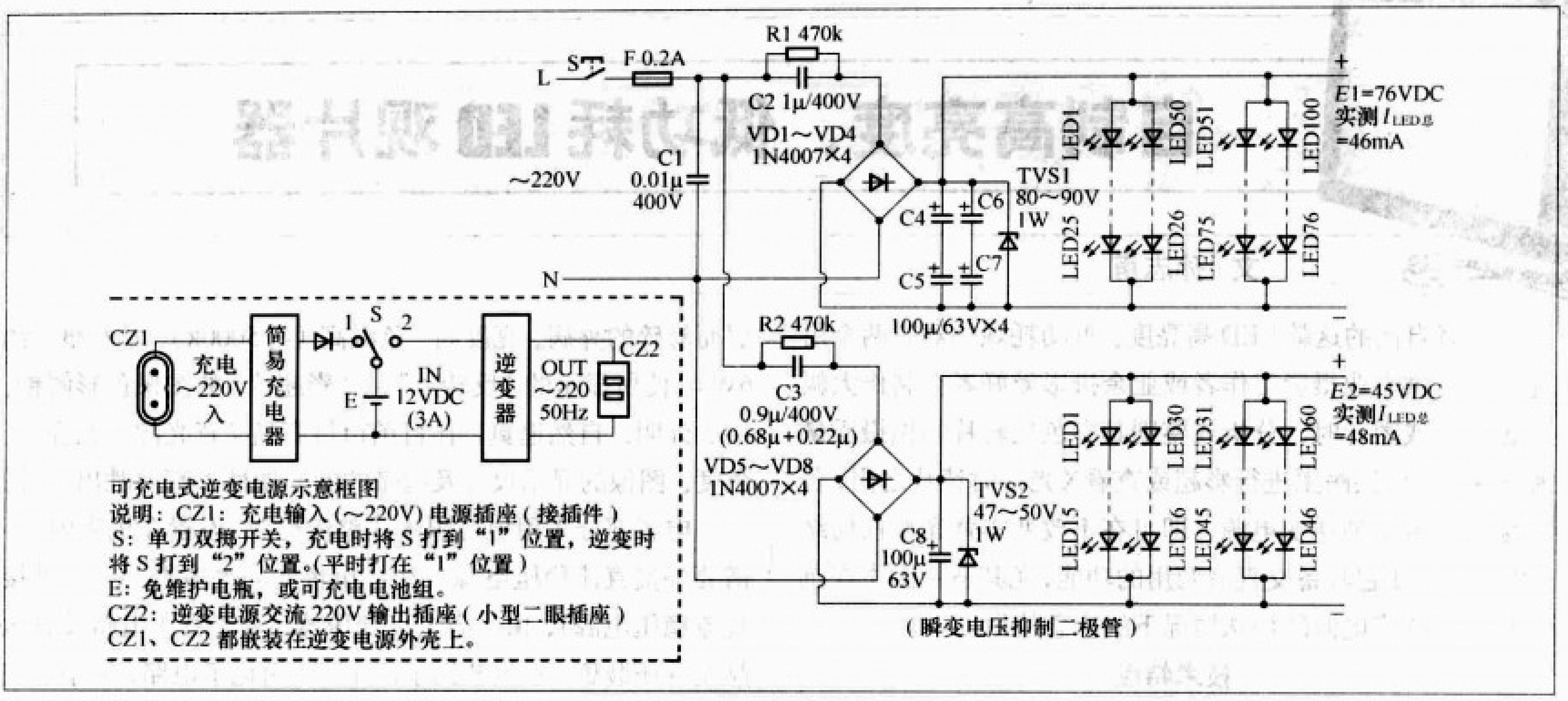


图2

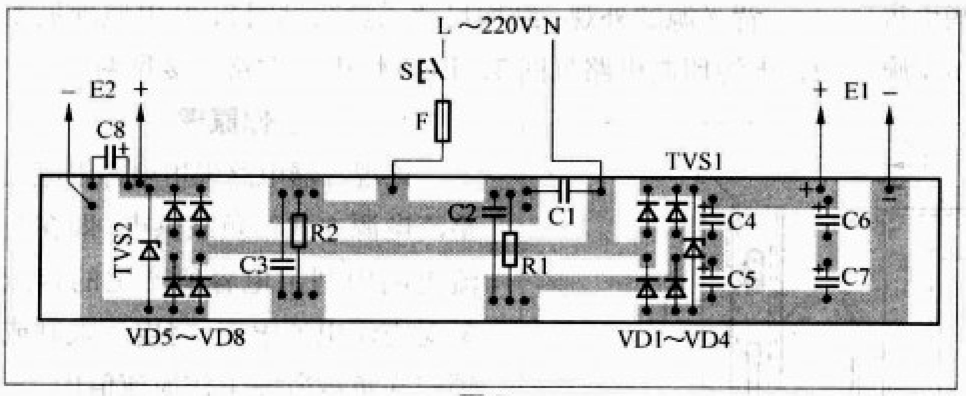


图3

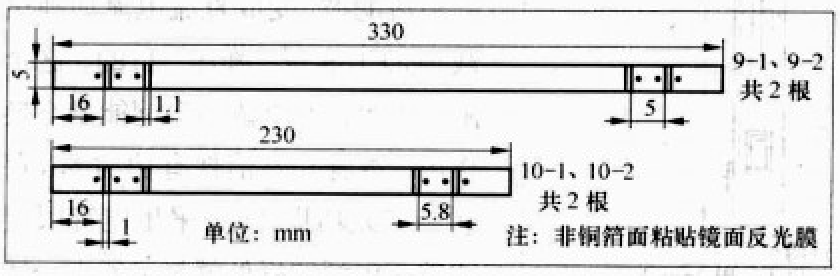


图4

E1=76V，故用一只100μF/63V电介电容的耐压值显然不够，为提高耐压值及尽量减小体积、宜采用4只100μF/63V电容串并联接法使耐压值提升到126V，而电容量仍等于100μF。同理220V交流电也经电容C3限流，VD5～VD8整流，C8滤波变成平滑直流，加到负载LED1～LED60上，使其点亮发光，在该负载上产生的电压为直流45V。这样，同时被点亮的LED1～LED60和LED1～LED100将分别对准导光板上的4个端面，使LED射出的光线均匀地反射到该背光源的磨砂均光面板上，使之形成一个明亮柔和的发光面。图2中R1、R2是C2、C3的泄放电阻，C1的作用是滤除窜入电源频率较高的干扰杂波，TVS1和TVS2是瞬变电压抑制二极管，作用是抑制瞬间脉冲高压加到负载，保护LED免受冲击损坏。

元件选择

本电路所用元件的参数已在图2中注明，都是廉价而易购的常用器件，这里着重介绍LED的选择。笔者曾用过多种不同发散角的超高亮LED作为光源，进行光效试验。经实践，最后还是取用发散角≥120°、色温≥5000k的“草帽型”发光二极管较为理想。其工作电压是:3.0V～3.2V，工作电流为16mA～20mA，亮度≥1000mcd。

选管须知：

(1) 尽量选择参数比较一致的管子，即每只LED在相同测试电压条件下，各管的电流误差应控制在10%左右。

(2) 反相漏电流应尽量小，用万用表R X 10k挡测试每只LED的反向电阻以电表指针不动为佳（即∞）。

电路调试

超高亮LED是一种光效高、节能和比较长寿命的新颖光源，但也是一种过载能力比较差的半导体器件，考虑到外部输入交流220V电压有小幅升降变化，也会引起负载两端电压或电流的小量变化等因素，为确保负载的安全性，我们可以适当降低LED的工作电流。实践证明LED的工作电流在一定范围内适量调节，对亮度变化的影响并不会很明显。图2中每个LED总负载都有4个并联支路，将每一支路电流控制在12mA～15mA较妥，适当增减限流电容C2和C3之值就能调节E1和E2负载总电流的大小。

观片器制作成本

电源板元件（包括印制电路）约5元，LED（共160只）约64元，导光板约50元（按图1尺寸），机壳材料费约30元。上述合计约150元。

AC-DC高亮度LED灯电源DIY常用方法

文/吴 钥

HB（高亮度）LED电源（以下简称LED电源），若直接用市电供电，对于照明应用，可以理解为一个非隔离AC-DC电源+恒流源（或者恒流控制功能）的专用电源。目前可以用来进行照明的LED主要是白光高亮度LED，按工作电流来分类，主要有20mA、300mA（1W）、880mA（3W）、1500mA(5W）四种。目前，5W规格的性价比还不太好，应用比较少，常见的以前三种为主。以生活照明为例，一般书写用台灯，用20mA规格的，20个左右即可。LED电源是需要和所用的LED配套的，其最主要的特点是需要进行有效的电流控制，即恒流源。以下介绍两种适合自制的简单电源方案。

1.一般方法

这里要说的方法是用传统的工频变压器加恒流控制器件为HB LED供电的方法，与电容降压或者电阻降压的方法相比，效率要高得多。对于生活照明，LED的功耗很小，变压器1W～3W即可，装入标准灯头也有可能。恒流控制器件可以采用PTC（正温度系数热敏电阻）或者恒流管（恒流二极管或者恒流三极管），虽然可靠性不很高，对于一般应用，也足够了。至于是否需要隔离，对于DIY来说，可以视自己手头或者器件来源来定，在成本上可以忽略，对于小批量生产，也要看自己的技术管理能力，从安全上来讲，隔离方案技术要求更低。

图1是采用小型工频变压器的隔离方案，如果采用有利于减小体积的新型工频变压器，如R型则更好，如果要装入标准灯头，1W左右的变压器比较合适。

1W～3W的工频变压器市场上容易买到，DIY比较容易实现，要装入标准灯头，可能需要定制。对于现成的变压器，根据次级电压灵活地配置LED的连接方式和数量，一个白光高亮度LED的压降（V_F）典型值是3.4V，如果是交流供电，按交流有效值计算即可，即用万用表交流电压挡测出的电压。由于LED也是二极管，回路中的电流实际是脉动直流，可以用万用表的直流电流挡进行测量，如果采用正反两路串联，需要断开一路再进行测量，否则就需要采用具有交流电流测量功能的万用表或者电流表。要提高可靠性，可以每路LED分别采用单独的恒流器件。用PTC（正温度系数电阻）的好处是成本低，缺点是功耗大一些，采用图1所示的电路，LED可能会有闪烁感，要避免闪烁，可以插入整流滤波电路，进行直流供电。

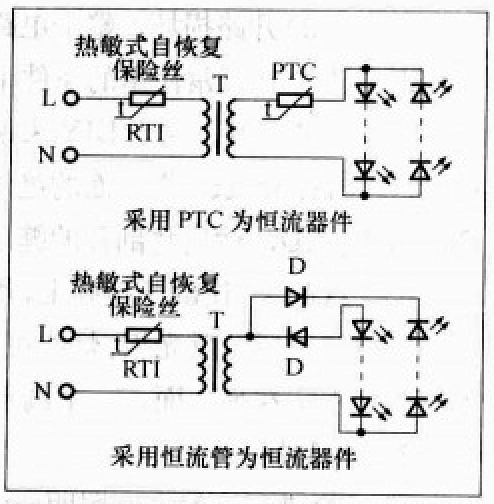


图1 采用铁芯变压器的隔离供电方案

常见的国产恒流二极管是2DH000系列，最大恒流电流值只有6mA左右。常见的国产恒流三极管型号是3DH00系列，情况也大致如此。用它们直接驱动LED并不合适，需要进行扩流，电路有些复杂。如今市场上已经有恒流电流达到15mA～20mA的恒流二极管（市场价格3～5元），驱动20mA规格的LED刚好合适，如E-183等。对于功率比较大的，如1W、3W的，仍然需要用中功率晶体管进行扩流，同时还需要整流滤波，进行直流供电，材料成本和电路体积就都上去了，因此本节介绍的工频变压器方案，比较适合20mA规格的HB LED。受耗散功率的限制，恒流器件采用恒流管时，每串的LED最好控制在5个以内。

实际上，LED可以直接采用高压交流或者直流供电。市场上大量销售的LED彩灯串即是如此，俗称彩虹带，有单线的，只有一路串联的LED，也有多线的，有两路、三路甚至更多路，每路一个颜色，通过一个简单的彩灯控制器可以实现多种效果，而单线的，控制器就不是必须的而是可选的。只是目前因为成本原因，用的大多还不是HB LED而已。图2显示了单线的彩虹带实物和电路连接示意图。

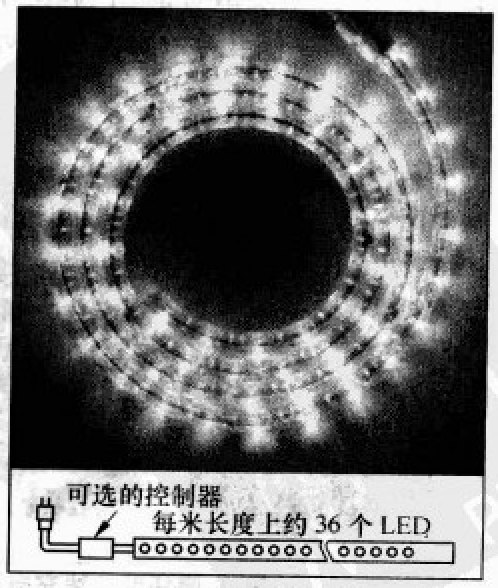


图2 单线彩虹带

HB LED供电照样可以采用这样的方法，直接将串联的HB LED接入市电，同时串

入PTC进行恒流控制，如果HB LED的数量够多，业余条件下PTC可以省略。以AC220V的市电为例，一个HB LED的典型压降是3.4V，串入10个PTC进行恒流控制，每个PTC的电压控制范围是3V，那么，(220 − 10 × 3)/3.4 ≈ 59个，考虑到10%的市电变化裕量和安全裕量，70个LED左右即可，如果不使用恒流器件进行恒流控制，可以将数量增加到90个。上述方法的缺点是，安全性和可靠性不是太好，一个LED开路损坏，整个电路就会停止工作。不过一个LED的寿命在正常使用的条件下超过10万小时，可靠性并不是太大的问题。对于DIY来说，可以买一个现成的彩虹带，大约有3m长，将外面的绝缘带沿纵向剖开，将LED换成HB LED，然后将剖开的缝用胶水粘好，像图2中的实物那样盘起来，让剖开缝朝上，用一块合适的圆形木板衬上一层锡箔纸后做反光板，灯头可以从坏掉的灯泡获得，只用灯头，固定在另一面，一个圆形吊灯就做好了。

2.废物利用

用LED进行一般家庭照明，1W～3W即可，所需功率不大，可以使用手中闲置的小型电源适配器进行简单改造后驱动LED。很多人手头大概都会有闲置不用的对手机直接充电的电源，即常说的“线充”，此类电源一般是5V/1A规格。还有就是MP3的充电器，一般也是5V /1A或者5V/500mA规格。另外，数码相机的充电器也大致是这个规格，此类电源都是开关电源。需要说明的是，用开关电源给LED供电，效率很高，但是会有EMI(电磁兼容)问题，而且这个问题越来越多地受到人们重视。从符合EMI标准的规范程度来说，正规手机厂商的原装“线充”电源更让人放心，MP3充电器可能就差一些，尤其是市场上零售的廉价产品。图3和图4是笔者手头两个闲置的手机“线充”的电路板实物，外壳已经拆开，从电路结构形式来看，EMI问题处理得还是比较好的。

图3是摩托罗拉著名的V998系列手机所配的原装充电器（线充），电源型号是SPN4654，核心IC是PI公司的TOP232P，原来带有小散热片，图中已经拆除，初次级光耦隔离，TL431为电压基准，输出规格是4.4V/1.1A，电路结构比较考究。图4型号是SPN5189，朋友送的，适用型号不明，核心IC是ST的DINC60，输出规格是5V/550mA，相比而言，电路简单了许多，电路也不如SPN4654考究。

图3 摩托罗拉线充电源内部电路

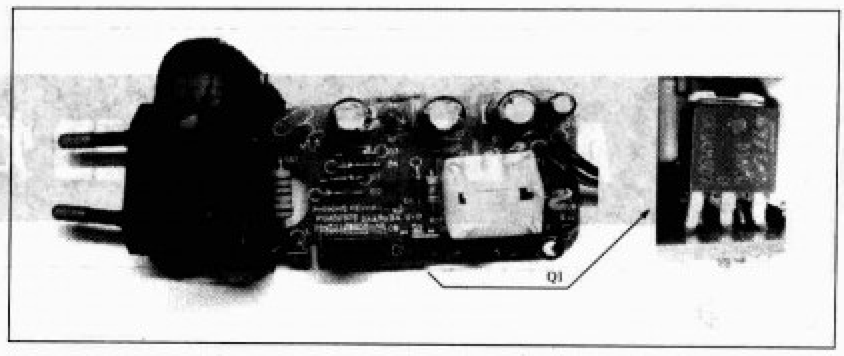


图4 SPN5189线充电源内部电路

上述电源都是稳压电源，而LED需要的是稳流，稍显复杂的方法是从电源的电路入手，将原来的电压取样改为电流取样，基本的原理如图5所示。将电压取样改为电流取样，其实只需要改变取样电阻的位置，由于上述电源型号众多，电路形式各异，图5只是一个基本电路原理图，并不针对某个具体型号。由于光耦内发光二极管的导通需要一定电压，直接应用，就需要电流取样电阻（R2）的阻值大一些，使R2上的压降足以让光耦中的二极管导通，要减小R2上的功耗，使用中可以加入电流放大电路，ZD2也不一定要使用。

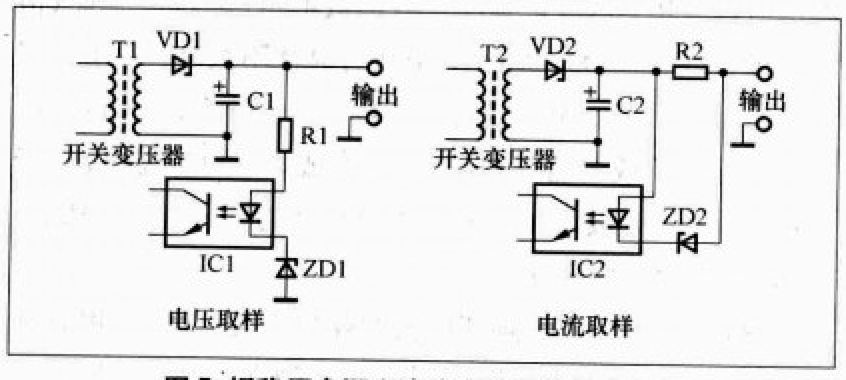


图5 把稳压电源变为稳流电源的基本方法

图5所示的方法比较理想，材料成本也比较低，适合批量修改，但是比较复杂，需要有一定的开关电源电路知识和动手能力，还需要将电源拆开，此类电源的外壳大都是粘合的，一旦拆开很难恢复原貌。业余条件下，比较简单的方法是不改动原有的电源，直接加入恒流电路，可以采用电阻、恒流管以及专用的LED驱动IC。另一种更简单的方法，是直接采用2个串联的LED为负载，电源功率够用时，每路2个串联，然后再并联，这样从理论上说，每个LED上只有2.5V左右的压降，LED的发热量比较低。在非正式应用中，完全可以省略恒流电路，缺点是降低了单个LED的亮度，要实现原定的亮度，需要更多的LED。

自制高频正弦信号发生器

文/孙 俊

对于无线电爱好者来说，信号源是最常用的调试设备之一。这里笔者结合自己的制作经验为大家介绍一种利用压控振荡器和锁相技术制作的高频正弦信号发生器电路。该电路结构简易，便于手工制作且成本低廉，输出频率可在几十兆赫兹至上百兆赫兹范围内调整，输出电压峰－峰值可达1.2V，上下波动小于2dB，而且输出信号频率稳定度高，实用性好。图1为它的实物照片。

准备工作

本电路用到的主要器件有：

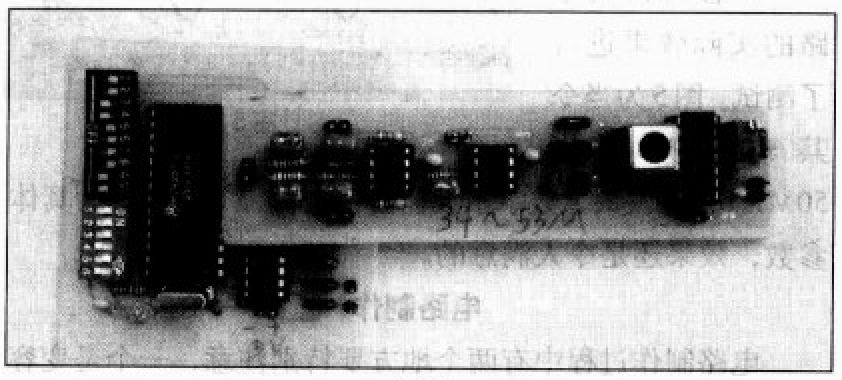


图1

MC1648，作为自动增益控制器件（AGC）与LC振荡回路组成压控振荡器。

MC145152，并行输入锁相环频率合成器芯片，片内集成鉴相器（PD）、基准信号分频器R，计数器N、A，用来构成锁相环电路（PLL），利用它可以提高输出信号的频率稳定度。

MC12015，计数器，与MC145152配合使用来改变PLL对晶体振荡器的频率要求。

MV2109，变容二极管，电容值在一定范围内受控于电压，作为LC振荡回路的电容。

LM358，运算放大器，用来和电阻电容一起构成有源低通波器。

电感（LC振荡回路的电感采用中频放大器——收音机拆机件自制）、电容、电阻若干。

为了实现电路设计简单实用的要求，本电路所用器件选择也本着易于购买且性价比高的特点，比如采用并行输入的MC145152可以使电路操作简便，而MV2109则比同

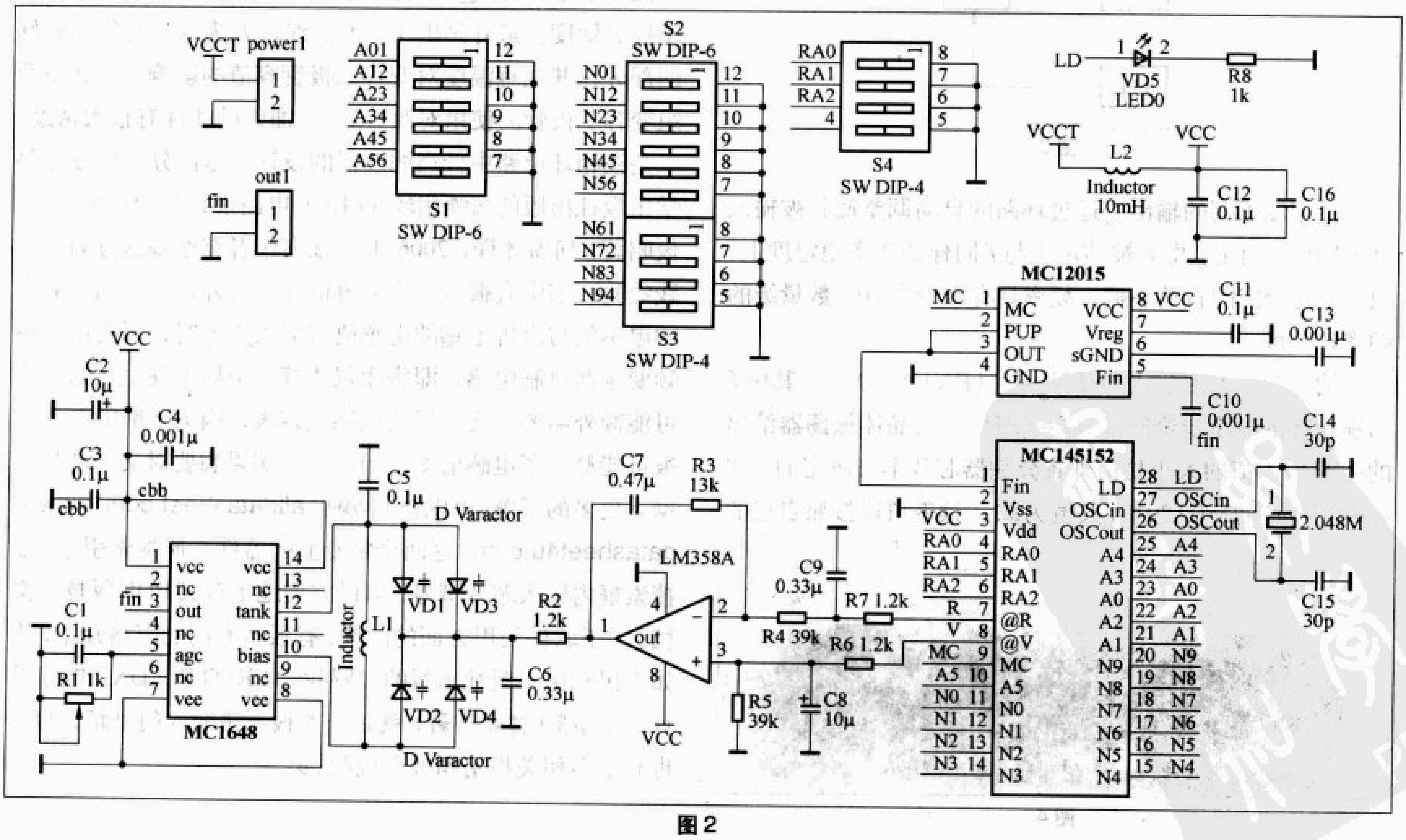


图2

价位的MV2105线性区域更宽且整体偏向高频区，便于制作高频正弦信号发生器。LM358为低噪声运算放大器，若买不到选用其他低噪声运算放大器也可，而选用中频放大器自制电感代替市售电感，也是由于我们需要的电感值比较特殊，难以买到。

电路介绍

此信号发生器的电路原理图如图2所示。图2的左下方由MC1648、变容二极管MV2109、自制电感构成压控振荡器(VCO)。由图可见，电感L1和变容管组成并联谐振回路，并联接于芯片的10、12脚，由于变容管的结电容受其两端电压控制，所以主振频率可以由运算放大器的输出电压调节。

由MC1648构成的压控振荡器，虽然实现了输出频率的大范围可调，但频率稳定度不高，与一般的LC振荡器一样，只能在10^{-4}左右。为了提高其稳定度，该电路采用了锁相环技术。

锁相环（PLL）是一闭环自动调整系统，它主要由鉴相器（PD）环路低通滤波器（LPF）和压控振荡器（VCO）等构成。

LM358及其周围的电阻、电容组成低通滤波器（LPF）。图3指出了VCO、LPF与内置PD的MC145152是如何组成PLL的。

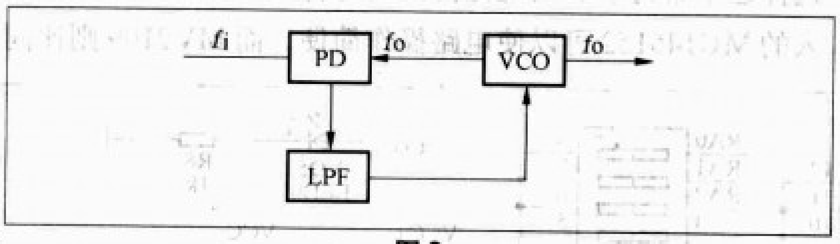


图3

稳定度不高的输出f_0通过环路的自动调整使其被输入基准频率f_i锁定，即f_0被锁定在与f_i同样的频率稳定度上。通常f_i为给定的石英晶振，频率具有至少为10^{-6}数量级的频率稳定度。

输出频率f_o由公式$f_o=f_rN_{总}=f_r(PN+A)$决定，其中f_r为锁相环的频率步进间隔（$f_r=f_i/R$，f_i为晶体振荡器给出的频率），P值的大小是由外置分频器芯片本身决定的，比如本例所选的MC12015，其值为32。读者可以按照自己的需要，按照公式改变上述参数来获得自己想要的输出频率。

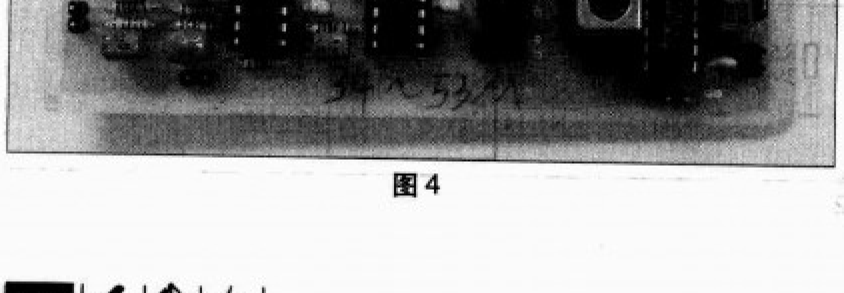


图4

由于变容二极管的电容值有一个固定的范围，往往一块电路板不能覆盖我们需要的所有频率，这时我们可以通过在变容二极管两端并联电容改变LC回路中电容值的方法来改变输出频率，制成几块小板，分别覆盖不同的频段，使用时更换（图4所示实物电路将LPF与VCO制作在一块小印制板上。经笔者测试，该板与MC145152组合成完整电路后输出频率的最佳范围为34MHz~53MHz）。

拨码开关用于给计数器赋值，当然也可以使用单片机等逻辑控制芯片对锁相环进行数字控制来制作数控信号源，但对于没有硬件编程基础的朋友来说，这远不如使用拨码开关控制来得简单。

电路性能

笔者对自制电路的实际效果进行了测试。图5为当令其输出频率为50MHz正弦波时，数字示波器所测得的波形，右侧为具体参数，效果还是令人满意的。

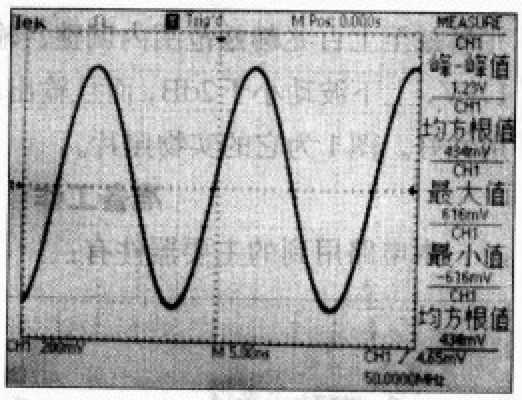


图5

电路制作

电路制作过程中有两个地方要特别注意，一个是变容二极管要工作在线性区，这需要我们测出自制LC振荡器的压控灵敏度。最好画出$V_{in}-f_o$曲线，人为选择其线性较好的部分，并注意温度对变容二极管容值的影响。图2中两组变容二极管的使用对改善$V_{in}-f_o$曲线的线性有很大帮助。二是锁相环电路中低通滤波器的设计，这部分可以参考科学出版社出版的《锁相环（PLL）电路设计与应用》（远坂俊昭著，何希才译，2006.1），该书作者有很多这方面的实践经验，书中有很多内容值得借鉴。另外，当我们计算出的电感值与市售电感的电感值有很大出入时，需要使用中频变压器自制电感，即将漆包线缠在中周中柱上。这时您可能额外需要一支专用的电感电容表，因为一般的万用表很可能测不了电感值太小的电感。如果想要对文中芯片数据有更多的了解，可以访问www.alldatasheet.com或www.datasheet4u.com，这两个是专业的器件手册搜索引擎。在搜索框内输入芯片型号，可以方便地下载其PDF版技术文档。关于软件使用方面的问题，有很多专门的书籍介绍，比如人民邮电出版社出版的《跟我学PROTEL DXP电路设计与制版》（甘登岱著）就是一本很不错的入门书籍，网上也有很多相关指南和教学视频。

实用电路模块应用

热释电红外探测模块

文 / 陈有卿

热释电红外探测模块不需要配置红外线发射源，能直接接收人体或动物等物体辐射的微量红外光线，将其转变为相应的电信号输出，并作为控制信号对被控设备（如电器、保安、防盗、自动门启闭等）进行自动控制，这类器件通常又称为被动式红外探测器。一个完整的一体化热释电红外探测模块的结构如图1所示，它由菲涅耳透镜、热释电红外传感器（PIR）、控制电路、驱动及继电器（或晶闸管）等组成。其中热释电红外传感器（PIR）最为重要，它是直接感受人体等辐射的微量红外线。菲涅耳透镜是用来聚焦人体辐射的红外线，可提高PIR的接收灵敏度。控制电路由放大器、滤波器、定时器、电平比较、基准参考电压，有的还带有光控电路等，对PIR输出信号进行放大、电平比较、鉴别等处理，最后经驱动电路推动继电器或晶闸管动作。

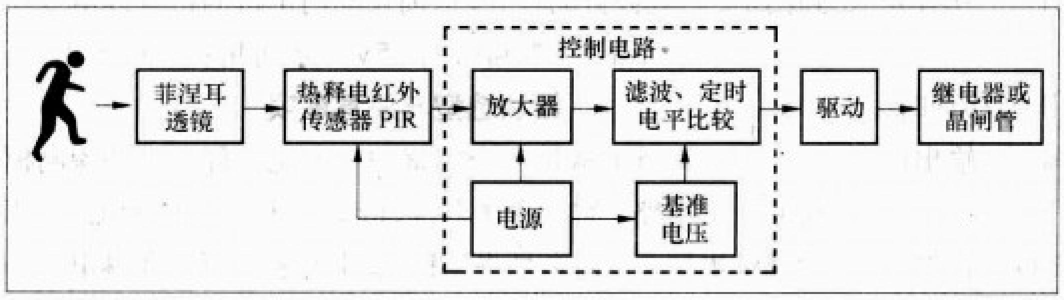


图 1

热释电红外传感器 PIR 型号与结构

用于人体探测常用的PIR传感器型号有P2288、PH5324、LHI956等，其结构如图2所示。在高热电系数敏感材料的上、下表面做成电极，表面上加一层黑色氧化膜以提高转换效率。由于它的输出阻抗极高，而且输出电压极为微弱，故在管内装有场效应管与厚膜高值电阻器，以进行阻抗变换和信号放大。在管壳顶部（TO-5封装）或侧面（塑料封装）开有窗口，并装有滤光镜。配置各种不同材料制成的滤光镜可以让一些特定频谱的红外光线进入传感器，而将其他光线阻挡在外，以满足不同的检测需要。

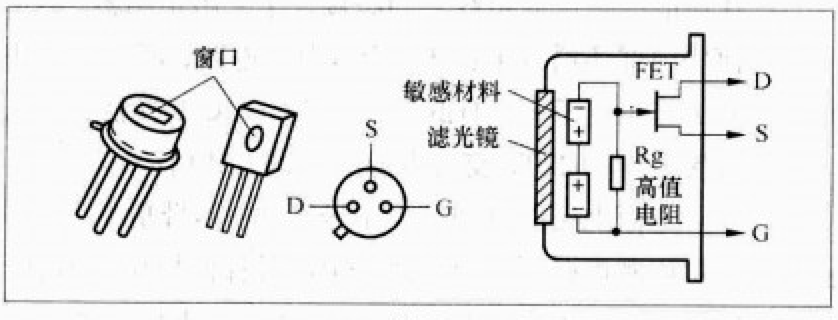


图 2

通常用于人体探测的PIR工作波长为7μm～15μm；用于火焰探测，工作波长为4.35±0.15μm；用于温度测量，工作波长则为1μm～20μm。

图2中显示的为双探测元PIR，即它采用两块极性相反、特性一致的敏感材料制成的探测元串联在一起，可以消除环境温度和自身变化所引起的干扰。它利用两个极性相反、大小相等的干扰信号可在内部相互抵消的原理，使传感器起到补偿作用。用来制造PIR的敏感材料是一种广谱材料，它的探测波长范围为0.2μm～20μm，PIR的工作范围则是受窗口前面的滤光镜控制，它只允许某波长范围的红外光线通过，而将日光、灯光和其他波长的红外光线拒之门外。人体辐射的红外光线经过菲涅耳透镜汇集在PIR的两块探测元上，当人体移动时，红外辐射强度发生变化，探测元表面的电荷强度发生变化，经内部场效应管放大后就有信号输出。

菲涅耳透镜

为了提高PIR传感器感受红外线的灵敏度，可在传感器前加装配套的抛物面形或半球形的菲涅耳透镜，以增强进入传感器里的红外光线强度。菲涅耳透镜是由乳白色的特殊塑料材料制成，利用其几何造型能将人体散发的红外光线聚焦到PIR传感器中的敏感材料片上，所以安装菲涅耳透镜时，应注意将传感器的窗口位于透镜的焦点处，否则透镜不起作用。菲涅耳透镜有各种规格与型号，图3提供的7706与7708两种型号菲涅耳透镜的外观尺寸，它们均为抛物面形，前者焦距为30mm，探视角为108°，后者焦距为29 mm，探视角为80°，它们在一体化热释电红外探测模块中应用较为广泛。

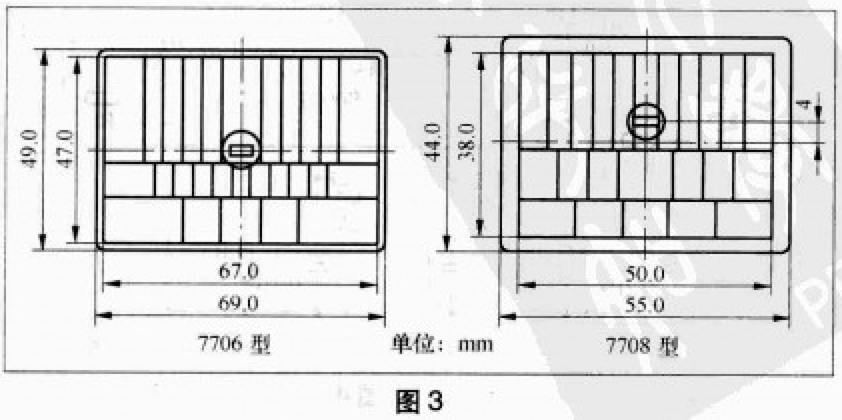


图 3

控制电路

由于PIR输出的信号十分微弱，一般仅1mV左右，又因为菲涅耳透镜的缘故，输出信号呈脉冲形式，脉冲电压的频率由被测物的移动速度而定，通常为0.1Hz~10Hz。为了使它能驱动继电器等负载，所以必须在PIR与负载之间增加一个增益足够高、带宽符合要求的高性能低噪声放大器，这一任务是由控制电路来完成。

控制电路可以由分立元件或集成运放来搭建，但电路复杂，调试麻烦，目前一般热释电红外探测模块都采用热释电专用控制集成电路来处理。常用的热释电专用集成电路型号有：BISS0001、HT7600、CS9803GP、KC778B、TWH9511、TWH9512、TWH9601等，它们的特性虽然各有差异，但基本功能相近。本文以使用较多的BISS0001型集成电路的应用为例，介绍控制电路的一般原理。

BISS0001集成电路内置独立的高输入阻抗运算放大器，可以与多种传感器匹配，进行红外信号预处理。芯片内含有电压比较器、状态控制器、延迟电路定时器、封锁时间定时器以及基准参考电压源等单元电路。

现介绍一个热释电红外延迟控制电路，可用于卫生间等灯光自动控制，能实现有人进入灯亮，人走灯灭，并有光控功能，其电路见图4。

当有人进入热释电红外传感器PIR监控范围并移动时，PIR可将人体辐射的红外线变化转换为电信号输出，输出信号频率为0.1Hz~10Hz。

RP2与RG组成光控电路，白天光敏电阻RG受自然光照射呈现低电阻，BISS0001芯片内部第3级运放OP3输入端（第9脚）电平$V_C < V_R$（$\approx 0.2V_{DD}$）时，触发禁止，BISS0001处于复位状态，控制信号输出端第2脚VO输出低电平，三极管VT截止，继电器K不动作，其常开触点（即电灯开关）打开，灯不亮。晚上或环境光线较暗时，RG阻值增大，当BISS0001的第9脚电平$V_C < V_R$时，BISS0001便进入守候状态，输出端VO第2脚仍为低电平。如果此时有人在PIR前面移动，PIR便输出随人体移动而变化的电信号通过RP1送入BISS0001芯片内部独立高输入阻抗运算放大器OP1的输入端1IN+即第14脚，经OP1前置放大后，由第16脚输出，经C4耦合到第13脚2IN−端，再经芯片内部第2级运算放大器OP2进行放大，然后由芯片内部电压比较器COP1与COP2构成的双向鉴幅器处理，输出有效触发信号启动芯片内部的延迟定时器T_x，最后由状态控制器从第2脚VO端输出高电平控制信号，使三极管VT导通，K吸合，其常开触点闭合，电灯便点亮发光。

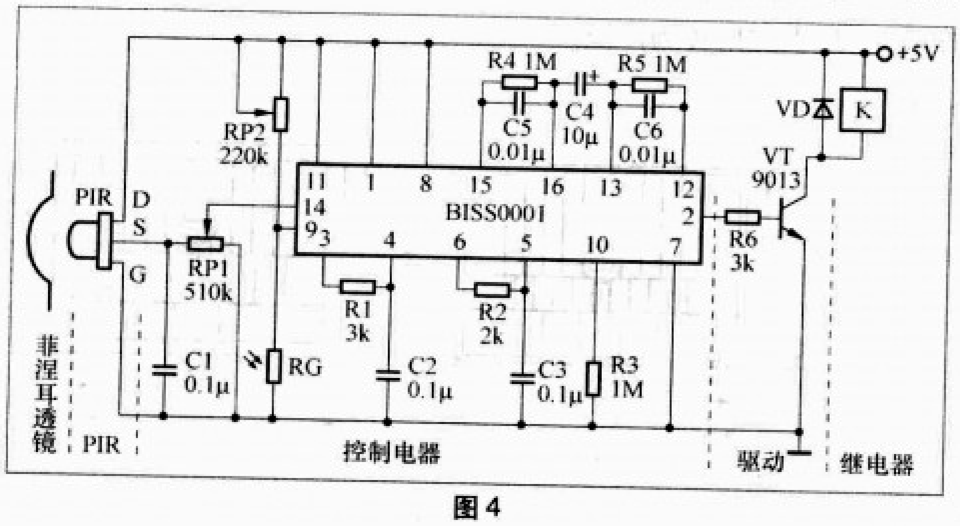


图4

第2脚输出的高电平时间等于电路的延迟时间，它由R1与C2的时间常数决定，图示时间为15s。

要使电路能正常工作，PIR的透镜应对准要监控的方向。图中，微调电阻器RP1用来调节电路的探测灵敏度，即探测距离的远近；RP2用来调节电路的光控灵敏度。在安装时还需注意：电灯光线不能直射到热释电红外传感器PIR及光敏电阻RG上，否则电路不能正常工作。

本电路除用于卫生间照明控制外，稍作改动还可用于宾馆、银行等自动门控制，此时只要省去光敏电阻RG，将RP2改用一个100kΩ固定电阻器，同时将RP1灵敏度调高。用继电器K的触点控制自动门的电机开关，这样当有人走到门前，门就会自动打开，借助自动门电机的机械或电气控制，门再自动合上。电路所需+5V电源可用稳压电源供给。

模块选型与注意事项

图4实质上就是一个完整的一体化热释电红外探测模块的全部电路，它包含了菲涅耳透镜、PIR、控制电路、驱动及继电器等。通常是将PIR、控制电路、驱动和继电器等安装在一块小印制电路板上，然后将其装入一个带有菲涅耳透镜的ABS工程塑料外壳内，形成一个组件，对外仅4根引出线（两根电源、两根继电器触点线），所以安装与使用十分方便，只要按说明书要求悬挂在室内墙壁适当高度，接上电源与控制线就能正常工作。

由于不同模块所带菲涅耳透镜型号不一，所以模块的探测角与监视距离有差异。内部延迟电路RC配置不一，所以延迟时间（即输出高电平的脉宽）也不同，有的采用微调电阻，延迟时间则可调。光控功能各模块配置也不一样，有的在印制板上预留光敏电阻器的插孔位置，读者可自行添加，有的多一根使能引出线，如需光控可在使能线与电源负线之间添接一个光敏电阻器。不少模块内部还增设了稳压及RC退耦电路，所以各模块的工作电压不一，有的还设有AC/DC变换器，可以直接工作在220V交流电源上，以方便用户。

市面上还能见到不少型号不详、不带塑壳、只有一块印制电路板的简装热释电红外探测模块，使用时需自行添加外壳与菲涅耳透镜，安装时菲涅耳透镜的

焦点必须落在印制电路板PIR的小窗口上。如果不装菲涅耳透镜，探测距离将大幅度下降，仅适用于近距离工作。有的印制板上，无驱动也无继电器或晶闸管，仅为控制集成电路的高电平脉宽输出，用户应自行添加三极管来驱动继电器工作；有的虽设三极管，但无继电器，为集电极开路输出，此类模块一般为3针接插件输出，分别为：地、输出、电源正端。

附表　几种常见热释电红外探测模块的功能配置与主要参数

型号	工作电压	菲涅耳透镜	延迟时间	探测角与距离	光控功能	输出方式
BH9402	DC 5V	有	2s～5s	120° 5m	在使能线与地间，自行添加	高电平输出
RDP-18	DC 6V～9V	有	30s	90° 10m	在使能线与地间，自行添加	集电极开路输出
TWH9241A	DC 12V	有	10s	80° 7m	无	继电器输出
TWH9241B	AC 220V	有	10s	80° 7m	无	继电器输出
GH-903	DC 6V～16V	有	1s、3s、5s可选	110° 12m	无	继电器输出
GH-608	DC 9V	有	3s	110° 12m	无	315MHz无线发射
HT-807	AC 220V	有	50s	110° 5m	有	晶闸管输出
YB-2B	DC 5V～12V	无	1s～25s可调	随透镜而异	印制板预留光敏电阻插孔	高电平输出

附表是市面上能见到的几种热释电红外探测模块的功能配置与主要参数，供读者选型时参考。

附表中，GH-608与HT-807是两款比较新颖而特殊的模块。前者采用315MHz高频无线发射输出方式，当它探测到监视区有人活动时，就向空中进行高频无线发射，发射时间为3s，然后间隙8s再作第2次探测，若仍有人活动，又发射3s……发射距离可达100m。远离探测模块的接收主机在约定时间（30s）内，如果收到3次发射信号即启动报警系统，否则为无效，这样既可省去安装布线的麻烦，又能防止误报。后者HT-807外形尺寸为86mm × 86mm × 25mm，采用单线进出的二线制接法，因此它可以直接取代普通86系列的电源开关，将其改造为热释电自动照明开关，做到人来灯亮，人走灯灭，十分方便。

读者在具体选型时对于集电极开路输出、继电器（或晶闸管）输出的模块应注意它的输出功率及负载属性，不能使模块超负荷工作，否则易损坏。同时模块初次通电时有一个初始化预热时间，一般为数十秒左右，有的可能长达数分钟，然后才能进入正常探测状态。有的模块如GH-903等还设置有预热指示灯，指示灯熄灭时，表示预热结束。此外，模块不能安装在室外使其受到雨雪侵蚀，在室内安装时应避开热源及有气流对流的地方，以减小它们对模块的干扰。

应用实例

图5是一个采用YB-2B型热释电红外探测模块、电源及电磁阀制作而成的简易人体感应自动自来水龙头。

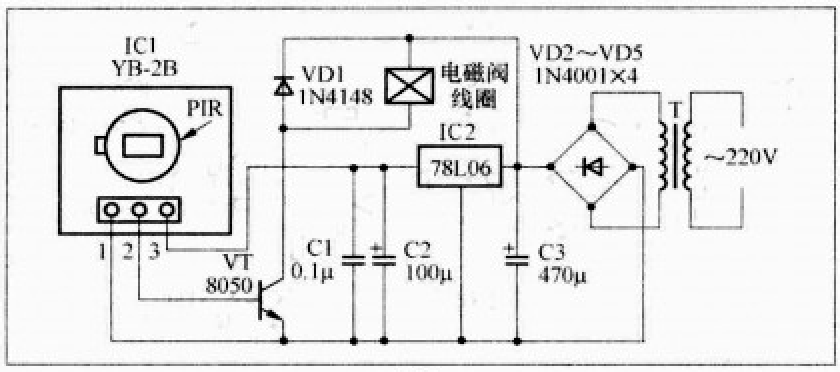


图5

YB-2B模块只是一块面积为38mm × 28mm的印制电路板，上面安装有PIR传感器及控制电路，但无塑壳。模块采用控制电路高电平输出方式，在印制板PIR下方有一个3针接插件，自左向右：1脚为地端，2脚为信号输出端OUT，3脚为正电源输入。制作时应将YB-2B模块装入一个自制塑料小盒里，由于本电路监视距离很近，所以不必用菲涅耳透镜，只需在盒面上开一个小孔，小孔应对准模块PIR的红外接收窗，然后将它置于水龙头的上方。这样当人手伸向水龙头时，它就能感受到人手释放的红外线，经内部电路放大处理后，插针2脚输出高电平，使三极管VT导通，水龙头电磁阀线圈通电，龙头即放水。人离开后，稍经延迟2脚恢复低电平，VT截止，电磁阀线圈断电，水龙头即被关闭。

YB-2B模块上有两只微调电阻器RP1与PR2，RP1可调节模块感应灵敏度，PR2则用来调节模块输出高电平的脉宽时间（即延迟时间），可根据需要调整之。

IC2为78L06型低功耗三端稳压集成电路，为IC1提供6V稳定的直流电压。电磁阀可用工作电压为直流12V的常闭型，如D-12型等。

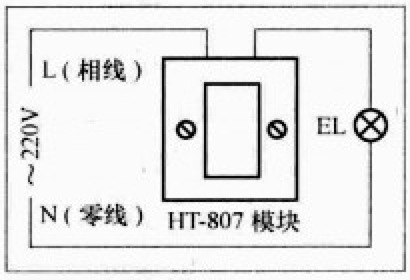


图6

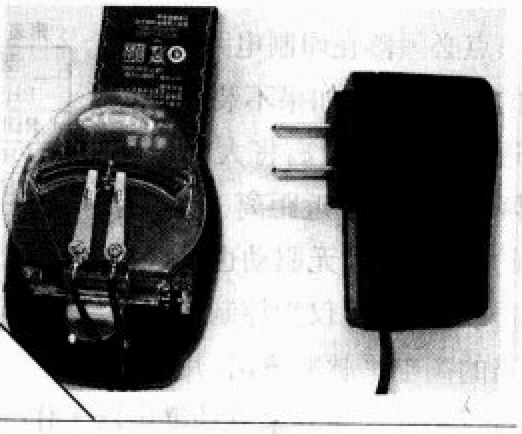
图6是一个采用HT-807型热释电红外探测模块制作的光控自动走廊照明灯，此电路十分简单。由于HT-807模块与86系列开关尺寸完全相同，它可以直接装入86系列的开关盒内，加上它采用二线制接法，所以安装时不必更改照明线路，直接取代普通开关即可。

HT-807内置光控功能，白天照明灯EL不会点亮。当夜幕来临时，有人进入它的监控范围，内部晶闸管开通，灯EL点亮，人走后，延迟50s自行熄灭。

HT-807模块控制功率为20W～200W，负载功率不能小于15W或超出200W，因功率过大，使内部晶闸管受损；太小，因内电路降压过低，晶闸管难以开通。模块要求负载为阻性，即可用于普通白炽灯，不能用于日光灯或节能灯。若负载为感性，以功率不超过100W为宜，所以也可驱动普通排气风扇。

自己动手

做个手机万能充电器



文 / 冉小平

不同品牌的手机，它们的充电器也不一样。为了能使所用的手机电池都能用一个充电器来充电，笔者前段时间去电子市场购买了一个万能充电器，销售员说它可以对所有的手机电池充电。笔者拿回家用数字电表测空载的输出电压是6V，但手机锂电池上都注明充电电压必须要限制在4.2V ± 0.05V内。结果这个所谓的万能充电器笔者没敢再用，只好又去购买了另一品牌的万能充电器，回家用数字电表测空载的输出电压也是4.56V。拆开这个充电器一看，它只用几个简单的元件做成的，没有恒流稳压输出。经实际使用发现，原来这个充电器是一直对电池充电的，直到充至锂电池电压过高，锂电池保护后才停止充电的，但要是锂电池保护板失效后怎么办？后果是锂电池可能会被充爆炸。因为这个电池的说明书上注明，如果充电不当将导致电池爆炸。最终这两个充电器笔者再也没有使用。基于上面的原因，我自己动手做了一款万能充电器，可对所有的手机电池充电，输出电压稳定在4.2V，输出电流恒定在884mA，并有充电状态指示，还可以对所充的电池进行判定，如果电池电压低于所设定的电压，将不会对电池充电。同时还具有短路保护，电池反接保护等功能，充电器所有的元件都是通用的。电路见图1。

电路原理

交流转直流部分(虚线)采用无光耦RCC电路，如图1所示，图中的元件值，输出VCC端的电压约为8V。在这里重点介绍一下充电功能的电路。IC1是可编程电压控制器TL431，按图中的接法，它为整个电路提供稳定的2.5V ± 0.4%参考电压，IC2为通用的4运放，不过在该电路中它的4个运放都用作比较器。

开机后，我们先假设没有IC2B、IC2C、IC2D这部分电路在工作，则D点的电压为0V，这时A点电压大于B点电压，根据比较器的工作原理可以知道C为高电平H。此时VT4导通使E点电压降低并使VT3也同时导通，于是D点的电压将持续增加，当B点的电压大于2.5V时，B点电压大于A点电

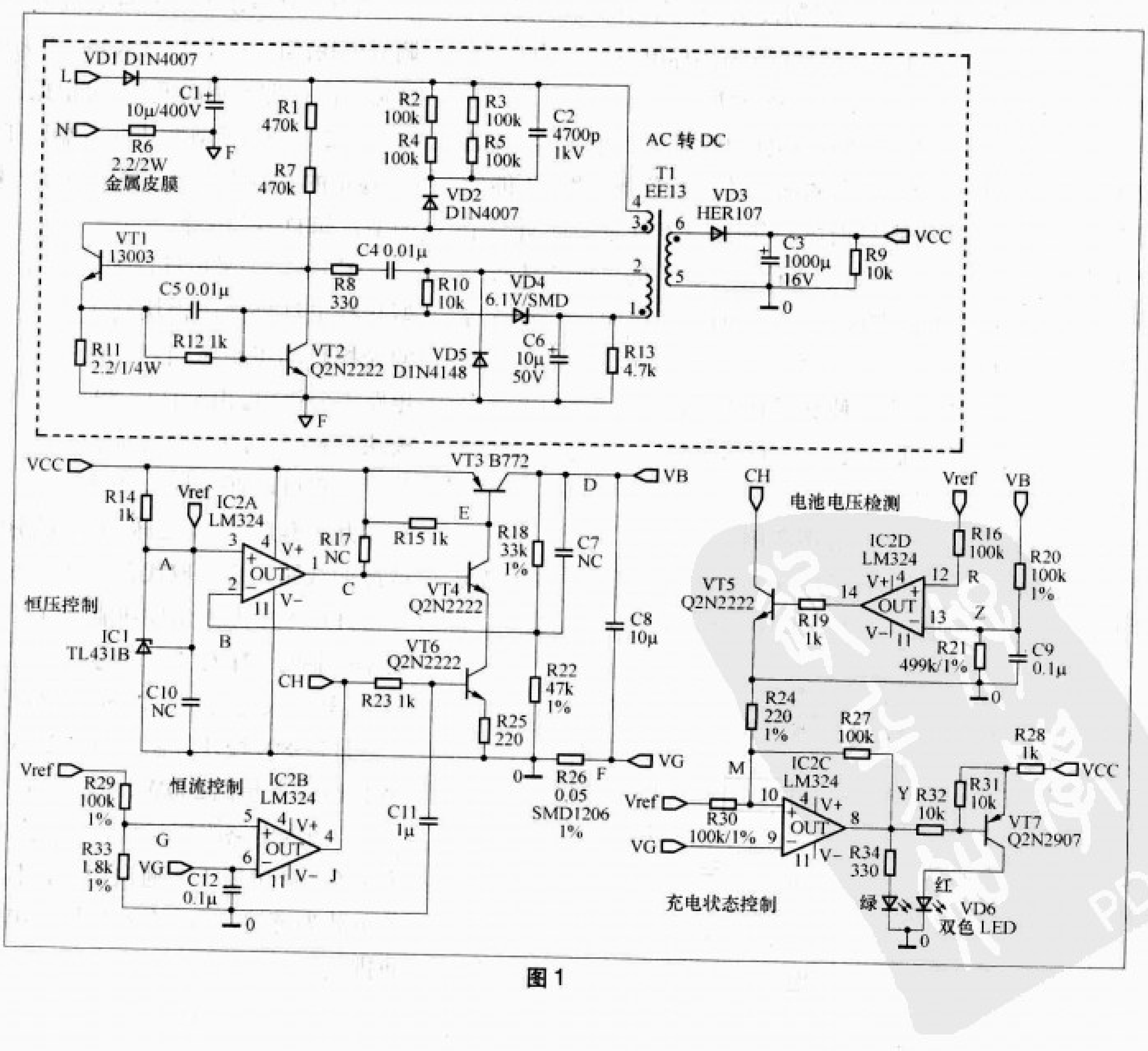
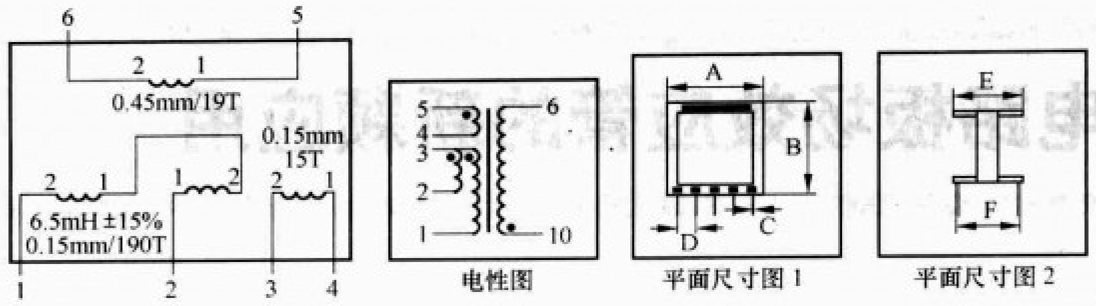


图1



A	B	C	D	E	F	G
25MAX	25MAX	φ0.65REF	3±0.5	24MAX	13.5±1.0	

磁芯为 EE13
先绕 PIN2~PIN1 190T
再绕 PIN4~PIN3 15T
再绕 PIN5~PIN6 19T
PIN2~PIN1 电感为 6.5mH±15%
注意线圈的方向，1 表示开始，2 表示结束。

图2 变压器加工方法

压，则C点变为低电平L，这将使VT3不再导通，于是D点电压开始下降，当下降到A点电压大于B点电压时，VT3又再次导通，于是D点电压再次增加。这个D点电压比较的过程一直持续下去，所以D点的电压是十分稳定的。D点的输出电压计算公式为：2.5×(*R*18÷*R*22+1)，以图1为例，则有2.5×(33k÷47k+1)≈4.255V。IC2B为恒流控制电路，当VB端有接入电池，并VB开始对电池有充电电流时，电流流过R26将产生压降。当F点电压大于G点电压时，J为低电平L，这将使VT6不再导通，于是VT3也将无法正常导通，所以D点电压下降，最终流过R26的电流将被迫降低。当降低到F点电压小于G点电压时J点变为高电平，所以VT6、VT3又导通了，并使流过R26的电流增加。这个过程一直持续下去，所以流过电池端的电流是恒定的。流过电池的恒定电流计算公式为：2.5÷(*R*29+*R*33)×*R*33÷*R*26，以图中为例则有：2.5÷(100k+1.8k)×1.8k÷0.05≈884mA的充电电流。

IC2C为充电状态指示电路，当对

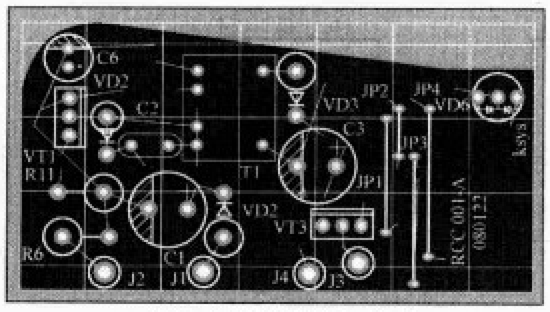


图3 印制电路正面图

一颗缺电的电池充电时F点电压将大于M点所设定的电压，所以Y点为低电平L，VT7导通点亮红色的LED，表明充电进行中。当电池将要充满电时，最后随着充电电流的逐步降低，最终将使M点电压大于F点电压，所以Y点电压为高电平，点亮绿色LED，表示充电完成。R27将IC2C接成迟滞比较器工作方式，以避免LED灯在充饱电与没充饱电临界点状态转换时出现的闪烁现象。IC2D为电池侦测电路，它的作用是用来侦测电池电压，如果被充电电池电压低于所设定的Z点电压，将不会对电池充电。例如开机后，因为VB电压为0V，所以Z点电压为0V，R点电压大于Z点电压，VT5导通将J点电压拉低，最终将使VT3不导通，所以这时VB是不会有输出的。也就是说，开机后这个电源的VB端将不会有输出电压的，只有在VB端加触发电压并且电压高于所设定的值时，VB才会有输出电压对电池充电。这个触发电压的计算公式为：2.5×(*R*20+*R*21)÷*R*21，以图中为例则有：2.5×(100k+499k)÷499k≈3V，这个功能的好处是它将不会对有故障的电池充电。如果你要将这个充电器当电源来使用，就不必使用这一功能了，只要有市电输入，VB端就有电压输出了。

制作要点与调试

如果按图中元件组装，不需要进行任何调试就能成功。焊接成功后的

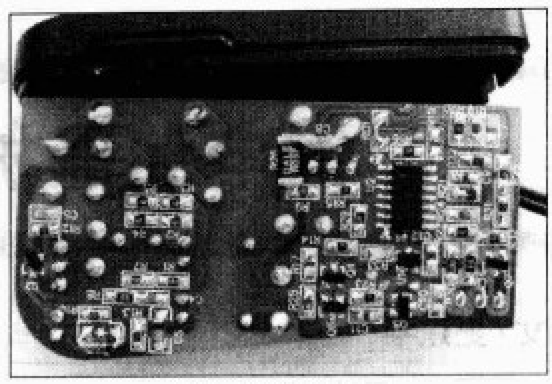


图4 元件反面图

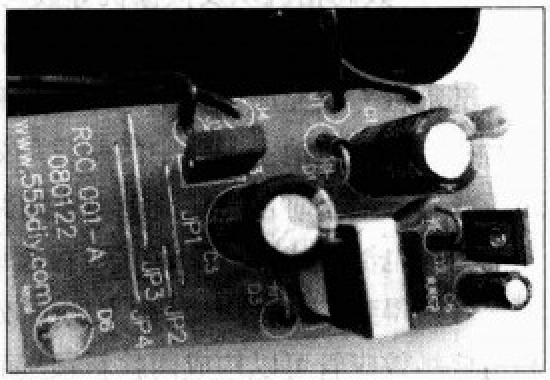


图5 元件正面图

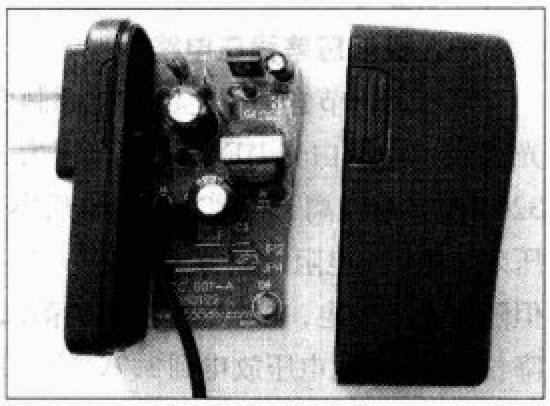


图6 成品拆卸图

图片参见图4与图5。焊接时先焊SMD元件，再焊接体积大些的元件，以方便操作。如果输出电压不正确或者转灯电流不正确，请检查A点的电压是否为2.5V。电阻最好用图中要求的精度，变压器的制作是电路成败的关键，如PIN5～PIN6的加工方式为：0.45mm的漆包线绕19圈。除按图2中的方式加工外，还要注意绕线的方向以及PIN1与PIN2的电感量，PIN1与PIN2的电感量可以通过在E字型磁芯中间加绝缘纸等来改变。最好将R22换成可调电阻，以方便用来充其他的电池。等所有的参数都调好后，找一个万能充电器外壳，将其内部的电路去掉，然后将电源输出线接在两个金属端上，要对不同的电池充电时，只要调节两个金属片的距离就可以了。

锂电池保护电路板场效应管的新颖应用

文 / 史建平

手机、数码相机以及摄像机等数码电子设备的电源，大多使用可充电锂离子电池（有的使用聚合物锂电池），在电池内部都有一块充放电保护电路板，利用电压检测元件控制对接串联于电池主回路中的两只场效应开关管，在充电超压或过低电压时自动切断电池主回路，保护电池，以防过充电造成电池爆炸等危险。失效、报废或更新的旧锂离子电池很容易得到，其保护电路板上的场效应管大多完好无损，利用该场效应管可以构成两款新颖、简洁的实用电路，供电子爱好者参考。

一、极低压差稳压电路

笔者用一节锂离子电池作电源制作的1W白光LED聚光电筒，由于白光LED供电电压为3.2V左右（电流约320mA），而锂离子电池在充足电后电压为4.2V，常串联降压限流电阻，电阻的阻值为(4.2V～3.2V)/0.32A≈3.1Ω，但随着电池放电，电池电压快速跌落，LED亮度很快明显下降。例如，电池电压放电到3.7V时，LED电流降为(3.7V～3.2V)/3.1Ω≈0.16A，只及LED正常电流的一半，若电池电压再降低，LED电流更小。显然，用电阻降压并不实用，而用普通双极型晶体管稳压或恒流，饱和压降仍很大。保护电路板上的场效应管为绝缘栅N沟道增强型，属电压控制型元件，导通开启电压为1.5V～2V，导通电压降极小，普通指针万用表很难测量。用它构成的极低压差稳压电路如图1所示，特别适合充电电池为LED等电压敏感器件低压差稳压供电，稳压性能见附表。该电路在锂离子电池从4.2V放电到3.2V范围内，固定在320mA电流放电，忽略电路自耗电1mA左右，效率从最初4.2V时的76%，放电到3.2V时接近100%。假设电池放电电压依线性下降，平均效率均为88%，与斩波型开关电路相比，电路简单，不需要大体积的电感和电容，不用特殊开关电路，不产生脉冲干扰，元器件容易得到。制作的实物外形如图2所示。

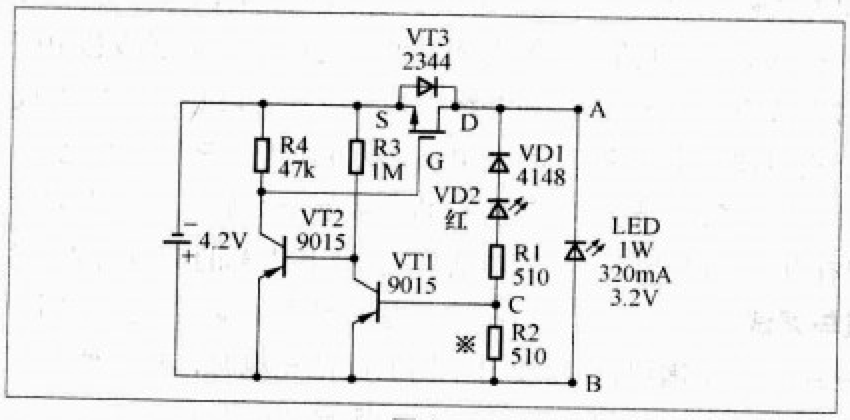


图1

附表

输入	3V	3.1V	3.2V	3.4V	3.6V	3.8V	4V	4.2V	4.5V	5V
输出	≈3V	≈3.1V	≈3.2V	3.2V	3.2V	3.2V	3.2V	3.2V	3.2V	3.22V

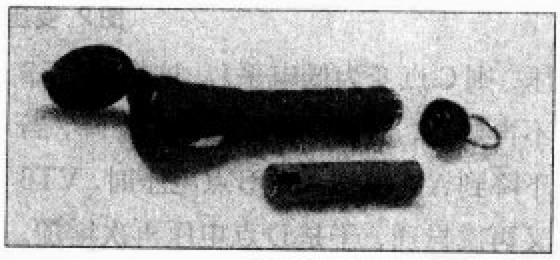


图2

1. **电路简介**：电源为单节1500mAh锂离子电池，A、B端输出3.2V，接负载1W白光LED，负载电流320mA。VD1、VD2、R1、R2构成电压取样电路，VT1工作于微导通状态，当输出端A、B间电压增大时，取样端C、B间电压也增大，VT1趋向导通，VT2基极电压下降，VT2趋向截止，电阻R4上压降减小，场效应管VT3栅源极电压 V_{GS} 减小，VT3趋向截止，使输出端A、B间电压减小。反之，当输出端A、B电压减小时，VT1趋向截止，VT2趋向导通，电阻R4上压降增大，调整管VT3栅极、源极 V_{GS} 电压增加，VT3趋向导通，使输出电压增加，达到稳压目的。这里要提一下VD1、VD2的作用，因为稳压输出为3.2V，C、B之间取样电压为0.5V左右，直接用电阻R1、R2分压取

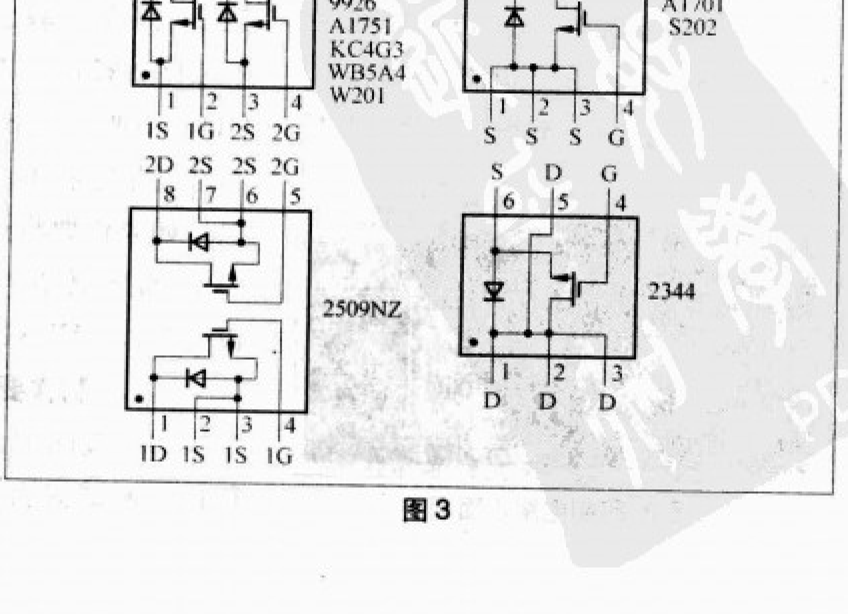


图3

样，则$R2/(R1+R2)$约为1/6，也就是说，输出端电压变化量△V只有1/6左右反映到VT1基极，稳压性能差，加上VD1、VD2可大大提高稳压性能，VD1为二极管4148，VD2为ϕ3红色发光管，VD1、VD2串联后，正向压降约为2.2V，相当于一个2.2V的稳压管，可使$R2/(R1+R2)$增大到1/2左右，A、B间输出电压变化量△V将有1/2反映到VT的基极，可大大提高电路稳压性能。

2．元器件：VT1、VT2为9015、8550等硅管，要求穿透电流越小越好，β值100以上，VT3为单管贴片封装场效应管2344。保护电路板上常见的几种场效应管管脚排列如图3所示，如果是双管贴片封装，也可将两管相同电极对应并联成单管使用，有一点要注意，不论是单管或双管封装，图3所列场效应管，其内部每管漏极D和源极S之间都反向并联了一个二极管，在安装接线时，这两个电极绝对不可接反。

3．电路调整：检查接线无误，电阻R2用1kΩ电位器串接200Ω电阻代替，并将电位器置1kΩ最大值，将电流表串入电池回路，最好用数字万用表20A挡位，以减小万用表内阻影响。接通4.2V电源，慢慢调小电位器阻值，1W白光LED逐渐变亮，当电流表指示接近LED额定电流时，停止调整，切断电源，拆下电位器和串接的200Ω电阻，用万用表测出总电阻阻值后，用固定电阻串并联配置成R2安装。另外，LED等器件属非线性元件，电流对电压变化极为敏感，同种器件工作电压也有较大的不一致性，调整时最好以额定电流为准，标称的工作电压作为参数，特别是对较为昂贵的大功率发光LED尤为重要，超过额定电流，极易缩短LED的寿命，甚至损坏。

场效应管最好用一小块1mm厚、与贴片同样大小的铝板垫在管下，一起粘在白光LED散热铝盘反面，使管脚悬空与铝盘绝缘，同时起到一些散热作用。其他零件可采取胶粘搭焊，以缩小体积。至于远射聚光，本人试用10mm厚透明有机玻璃自行磨制成ϕ32mm、焦距约为25mm半球形单凸透镜较为实用，远射距离至少40m。

二、双极板触摸开关电路

制作用电池供电的工艺品照明电路时，装上一个常用的普通开关，不够精致美观，利用废旧手机电池壳上两片镀金电极，镶于工艺品座表面，间距1mm，做成触摸电极，配合场效应管等元件，组成触摸开关，效果很好，也很别致，电路见图4，笔者制作的实物照片见图5。

1．工作原理：电路接通时，电源电压通过R1加到场效应管VT2的栅极G2，当电压超过VT2管开启电压V_{GS}（1.5V左右），VT2漏源极导通，接通负载VD3～VD8，漏极D2降至接近源极S2的低电位，并经R2、C1耦合到VT1

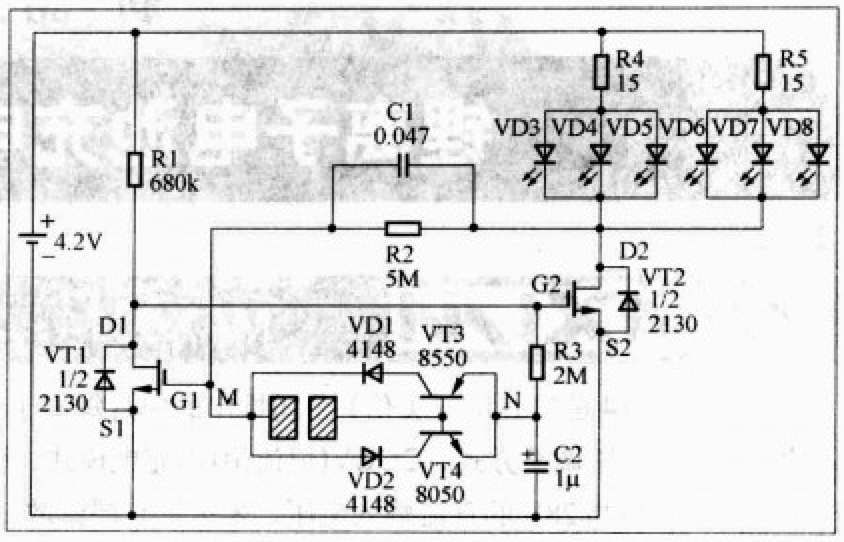


图4

栅极G1，使VT1保持截止状态。因电阻R3阻值较大，电容C2两端电压经数秒时间，由R1、R3充电至接近电源电压，电路处于稳定状态。

图5

在M、N两端之间的VD1、VD2、VT3、VT4是为了提高触发灵敏度而加入的，平时两端不论M+、N−或者M−、N+均处于截止状态。要关断负载，用手指触摸两个开关电极板时，处于M−、N+状态的VT3产生基极电流，使VT3导通，C2上电压经VT3、VD1加到VT1栅极G1，超过VT1开启电压，VT1导通，漏极D1降到低电位，VT2也因栅极G2降到低电位而截止，切断负载电流，VT2漏极D2变为高电位。手指离开后，VT1栅极电压由电阻R2提供，经数秒后，C2上电压经R3、VT1放电到低电位，电路处于另一种稳定状态。当再次触摸开关电极板，此时M为+、N为−，VT4得到基极电流而导通。因R2阻值很大，C1容量较小，而C2容量较大，VT1栅极G1电压通过VD2、VT4被C2拉低至低电位，使VT1由导通转为截止，VT2栅极G2有R1供电而导通，再次接通负载，达到触摸开关的作用。电路开与关之间相互转换需要数秒时间间隔，以便C2上电压有3τ充放电时间恢复稳定。电路自身耗电极小，在关断状态，耗电约数微安，与充放电保护电路板在锂离子电池内部静态耗电相近。

2．元件选择：VD1、VD2为1N4148，VT3为9015、8550等硅管，VT4为9014、8050等硅管，穿透电流要小，VT1、VT2为双管贴片封装场效应管2130，如不用触摸开关，可用常开型微动按钮或薄膜开关等直接接于M、N两端，元件VD1、VD2、VT3、VT4可省去不用，电路功能不变。

新品速递

锂离子电池充电管理集成电路

文/吴 玥

MAX8814：28V 单输入锂离子电池充电集成电路

MAX8814是Maxim（美信）公司推出的单片锂离子（Li+）电池充电集成电路，集成ABO（电源自动选择输出）功能，线性电压调整方式，CCCV(恒流恒压)充电模式，智能化热管理功能，无需外接起保护作用的旁路肖特基二极管，可耐受最高28V的直流输入电压，采用带有裸露散热焊盘的TDFN−8封装，典型应用只需要3个外部小体积阻容元件，PCB占板面积约30mm²，可以为手持设备提供小尺寸的简单充电解决方案。

MAX8814通过检测待充电池的端电压来判断电池的电量情况，并自动控制小电流恒流预充、大电流恒流快速充电、最终恒压涓流充电的充电过程，快速充电电流可以通过外部电阻设定，预充电电流则自动以快速充电电流为基准按比例缩小，范围是4%～15%，以保证充电过程的安全性。

EN是加电条件下的充电使能控制端子，高电平充电停止，反之开始，为了能让系统微处理器灵活地控制充电IC的工作状态，MAX8814有三组独立的状态指示信号：ABI、ABO、POK。

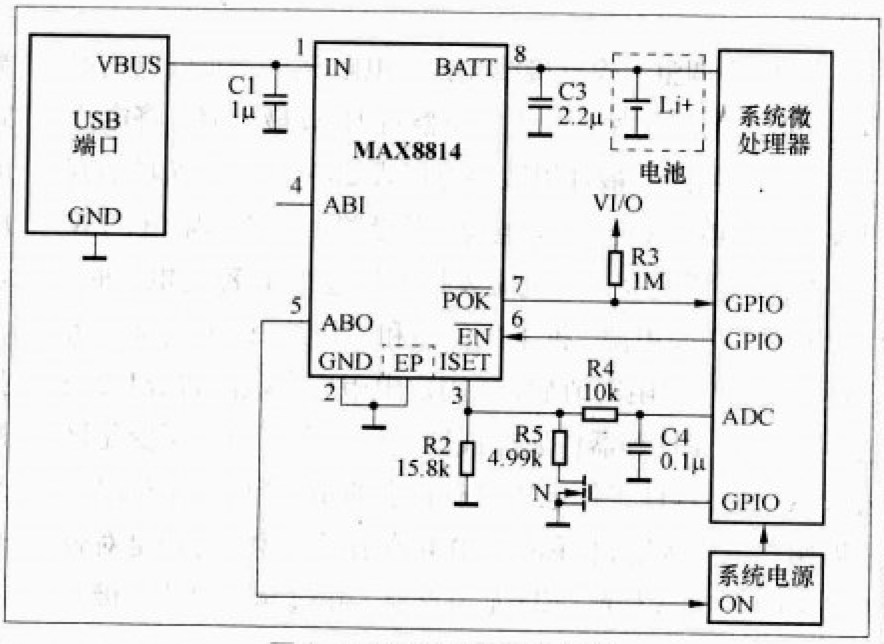


图1　MAX8814的充电电路

图1是采用MAX8814的由USB总线电源供电的锂离子电池充电器电路，充电仍然由系统微处理器控制，通过3脚的电阻R2，MAX8814可以被配置为不同的USB总线电源标准。常见的USB总线电源标准是500mA和100mA两种，图1的初始状态是100mA，即MAX8814此时最大可以从USB端口吸纳100mA的电流，然后由系统微处理器判断USB端口的电流供应能力，如果可以，微处理器的GPIO端口输出一个高电平，驱动一个外部的场效应管导通，使R5与R2呈并联状态，最大电流随之由100mA提高到425mA。

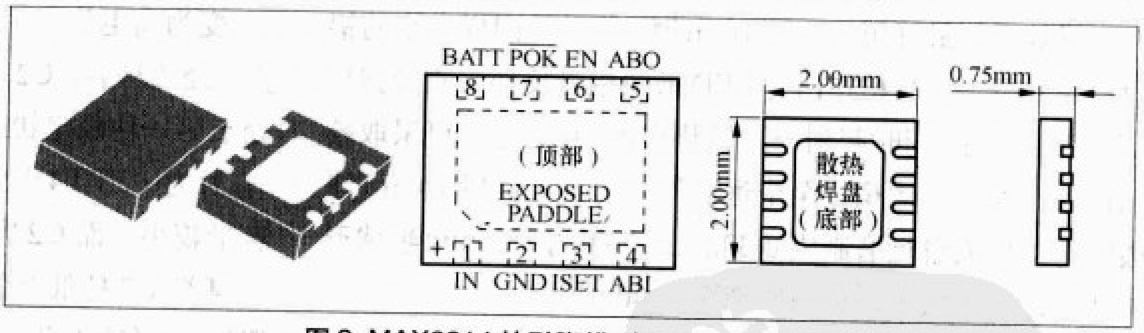


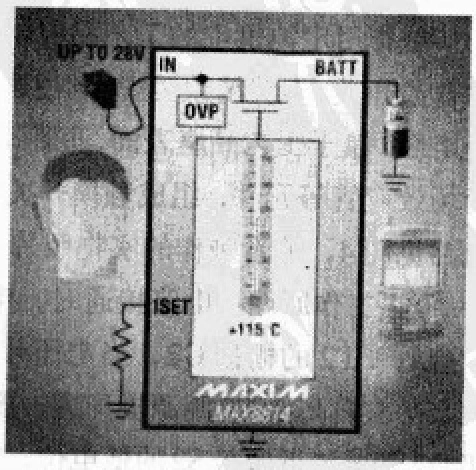
图2 MAX8814的引脚排列和外形封装尺寸

MAX8814采用了小体积无引脚的TDFN（薄小型无引脚双排焊片扁平封装），有8个焊片，底部有散热焊盘，工作温度等级是扩展工业级，可应用于无线蓝牙设备、手机、无绳电话、数码相机、MP3播放器、PDA和其他便携USB设备。TDFN是一种使用广泛的倒装芯片的封装，兼容无铅封装规范，顶部或底部可以兼有裸露散热焊盘以增强热耗散能力。

MAX8814的主要技术参数参见附表，外形尺寸和引脚定义参见图2，它的电子数据文档可以从 datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX8814.pdf 下载。

附表 MAX8814的主要技术参数

参数	单位	典型值
最大直流输入耐受电压	V	28
直流输入工作电压范围	V	4.25～6.5
最终充电电压	V	4.2
快速充电模式充电电流	mA	570
预充电电流	%	4～15
预充电阈值电压	V	2.3～2.7
电池旁路电容最小值	μF	2.2
输入／输出电压降	mV	240～500



LM3647：通用型二次电池充电管理集成电路

National Semiconductor

LM3647是NSC(美国国家半导体公司)推出的通用型二次电池充电管理集成电路，能对常见的Li-Ion（锂离子)、Ni-MH（镍氢）、Ni-Cd（镍镉）二次电池（充电电池）的充电过程进行完善的控制，充电电流既可以是脉冲方式，也可以是连续电流方式。

镍镉、镍氢、锂离子电池的电化学性能存在着不小的差异，充、放电特性也不完全相同，根据不同的电池类型，LM3647可以被配置为不同的充电方法。

针对不同电池类型,LM3647提供可配置的多种终止充电的方法,这些方法包括各类二次电池常见的终止充电方法，具体包括常用的$-\triangle V$（电池电压变化趋势)方法和可选的$\triangle T/\triangle t$（电池核心温度变化率)方法以及附带的电池极限温度、最大充电时间、电池最大端电压等方法。

LM3647采用PWM方式调控充电电流，由一个外部电阻的控制和设定，针对高性价比应用，可以不用电池内部的温度传感器而使用LM3647内部集成的电流源，由LM3647根据内部电流源的变化自动侦测电池是否接入并决定是否启动充电程序。当有故障出现时，如短路、温度过高／过低、电池损坏、充电时间过长等，LM3647会一直保持故障模式并可以通过3个LED和一个蜂鸣器进行指示，直到电池被移走或者故障排除。

虽然Li-Ion二次电池已经逐渐成为电池用电设备的主流，不过，在需要瞬时大电流的便携应用中，镍镉、镍氢的应用仍然相当广泛，如数码相机、数码摄像机、便携电动工具等，LM3647支持同时对2～8节Ni-Cd/Ni-MH电池组或1～4节Li-Ion电池组进行充电控制，因此用LM3647可以构成适用范围广泛的通用型充电器。图2则是Li-Ion电池充电电路原理图。

LM3647采用20引脚的SOIC 封装，外形尺寸参见图1，电子数据文档可以从NSC的网站下载，地址是www.national.com/ds.cgi/LM/LM3658.pdf。

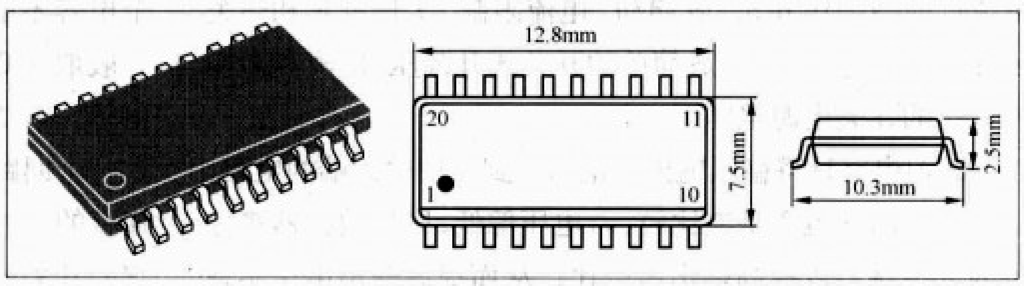


图1 LM3647的外形尺寸图

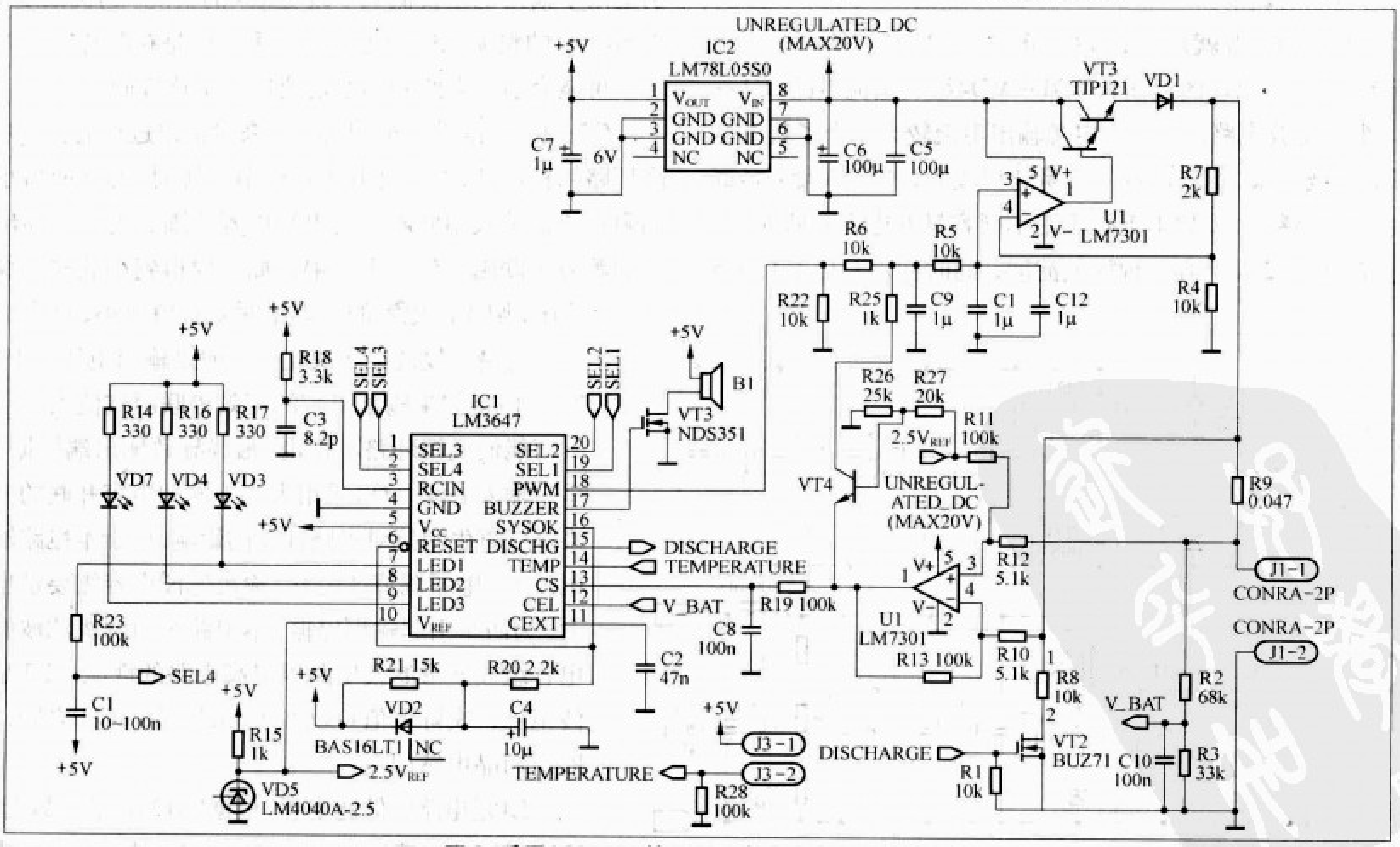
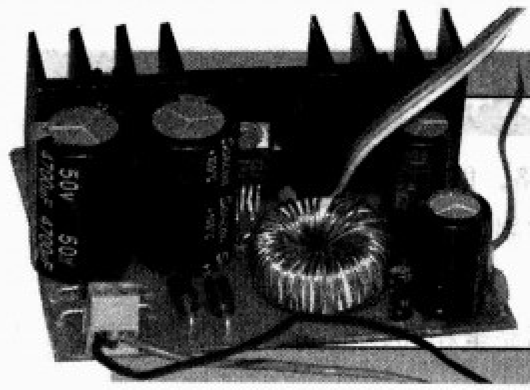


图2 采用LM3647的Li-Ion电池充电电路原理图



1.5V~30V/3A 可调开关电源的制作

文/赵 洪

常见的线性稳压电路存在着功耗大、散热困难等缺点，开关式稳压电源由于效率高，有效地克服了上述缺点，但普通分立元件构成的开关式电路结构复杂，做成可调式就更加困难。近年来出现的单片开关集成电路正好弥补了这个缺陷。美国国家半导体公司开发的L M25XX系列开关集成电路是一种典型的集成开关电源电路，广泛应用在许多电子产品电源电路中。它具有外接元件少、输入直流电源电压范围宽、输出电流大、内部有固定频率（52kHz）振荡器、电流反馈型工作方式、软启动、电流限制、欠压锁定和热关闭保护等功能，可以接成简单的开关式升降压、隔离和多输出电压的开关电源电路。

ADJ电路是将稳压输出的电压接到反馈输入端的电路，目的是同内部电压基准比较，若电压偏低，则用放大器来控制内部振荡器以提高输出占空比，从而提高输出电压实现输出电压的调节。

本实验电源就是用LM2576HV-ADJ制作的可调式稳压电源。电路原理图见图1，VD1～VD4组成整流电路，C1～C5组成滤波电路；由于本电源输出电流较大，为了获得良好的滤波效果，滤波电容的容量选得较大，考虑到大电容寄生等效电感较大，故本电路采用不同容量的电容并联而成，利用C1、C2大电容实现储能滤波，同时利用C3、C4、C5中小容量电容等效阻抗小的特点提高对中高频滤波效果，C3、C4尽可能选用瞬态特性好的钽电容，并尽量安排在靠近芯片的位置以防止自激，C5为瓷片电容，起到退耦作用，防止自激。

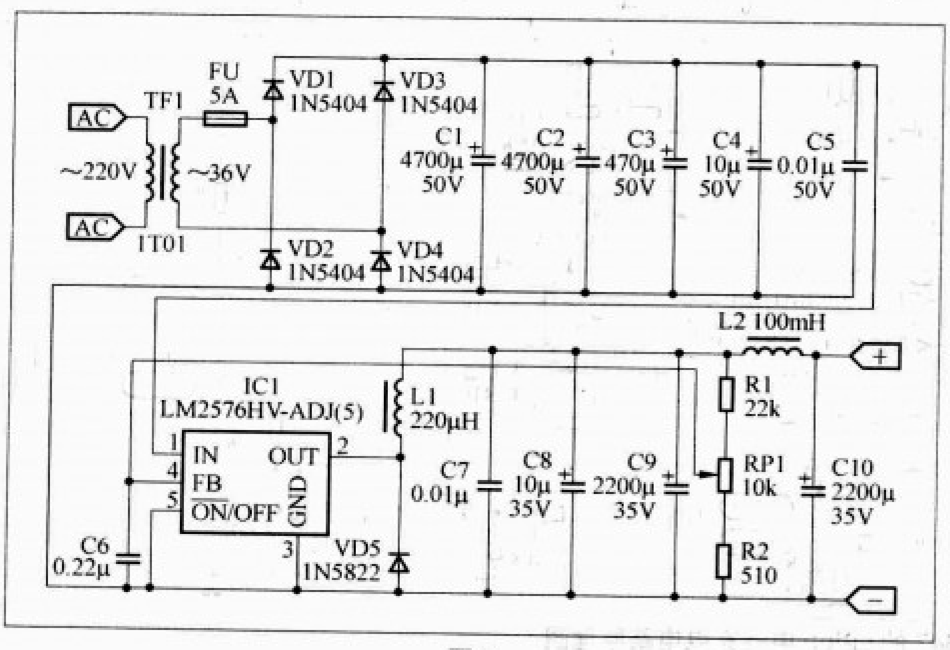


图1

R1、RP1、R2组成反馈分压网络，通过对输出电压分压满足IC1的调节输入端1.23V的电压要求，实现调节输出电压的目的。C6作为反馈调节回路的滤波电容，滤除反馈调节回路的纹波，进一步降低电源输出的噪声，这个电容不能取得太大，太大时会降低电源的稳压灵敏度，一般取0.01μF～0.1μF即可，反馈线路应尽可能远离电感。VD5是续流二极管，为开关管关断时的电感电流提供一个回路，续流二极管在电路设计上要求靠近芯片，与其连接的导线要短，管脚要短。选用肖特基高频开关二极管，它的开关速度快、正向压降较小，所以其应用性能很好，特别适用于输出电压较低（5V或更低）的情况。超快恢复（小于50ns）的整流二极管也可以选用，但是在芯片突然关断时，可能会引起电路的不稳定或电磁干扰等问题。

C7～C9为滤波储能电容，用来对输出进行滤波，并提高环路的稳定性，在设计开关可调节电源时，必须使用小附加阻抗或低等效串联阻抗的电解电容或固态电容。输出电容的等效串联阻抗值有上下限，如果要得到小的输出纹波电压，则输出电容的等效串联阻抗值要小，这个值由允许的最大纹波电压决定，一般是输出电压的1%～2%，但是如果输出电容的等效串联阻抗值太小，就有可能使反馈环路不稳定，最终导致输出端停振。这里与输入滤波一样，采用大小不同的电容并联的方式来降低寄生阻抗对电路性能的影响。由于本电路输出电流大、电压调节范围宽，输出滤波电容需要量也较大，为防止引起输出停振，本电路采用两级滤波储能电容组成π形滤波电路以提高电路的性能。L2是滤波电感，实际取值可以在10mH～100mH之间，一般用商品电感即可。

L1是电路的储能电感，根据LM2576的参数选择，查表得知该电感值应取为220μH。这个电感是电路

制作成功的关键，笔者是用从旧开关电源上拆下来的共扼滤波器上共扼电感的环形磁芯制作。外径为φ27、内径为φ15的磁环密绕60匝。这个电感也可以用别的磁性材料做成。只要能够满足电感量为220μH即可，要注意的是任何磁性材料都存在着磁饱和现象，在小电流测量时电感量较大，大电流通过后，引起磁饱和会导致电感量的下降，所以实际制作可以通过试验来调整。电感量不足时，输出电流达不到要求，这时，通过串并联电感观测输出电流的变化，决定电感量是增还是减。图2是测试此电路的情况。这个电路图是按业余爱好者常用的打印机热转移法制作而设计，可以直接用反转法来制作印制板，也可到本期配刊光盘本文目录中获取其PCB文件自行打印。

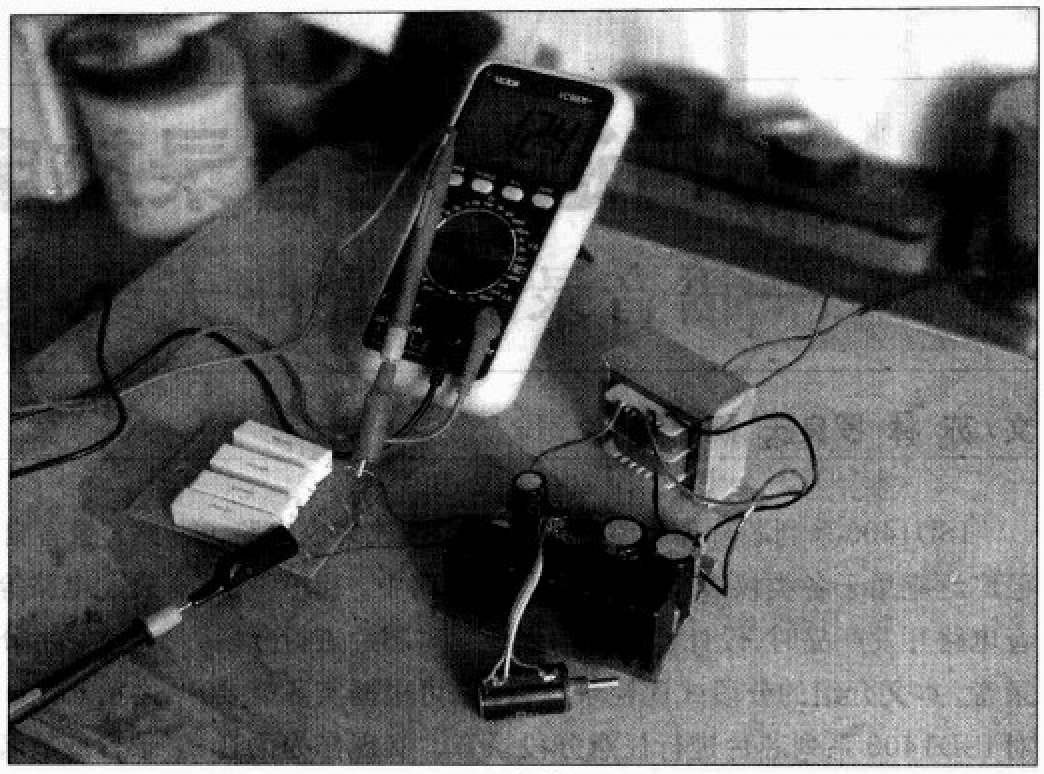


图2

关于LM2576

LM2576是降压型开关稳压集成电路。电路具有非常小的电压调整率和电流调整率，具有3A的负载驱动能力，可以实现从1.5V～30V的宽范围调节，输出3A的电流可满足一般实验室工作的需要，芯片内置过流保护电路和过热保护电路。

该系列分为LM1576、LM2576及LM2576HV三个品种，其中LM1576为军品级产品，LM2576为标准电压产品，LM2576HV为高电压输入产品。每一种产品系列均提供3.3V、5V、12V、15V及可调（ADJ）等多个电压档次产品。除军品级产品外，其余两个系列均提供TO−200直脚、TO−220弯脚、塑封DIP−16脚、表面安装DIP−24脚、表面安装TO−263−5脚等多种封装形式，并分别用后缀T、Flow LB3、N、M、S表示。对于5V输出的LM2576产品，不同的封装形式，其完整表示分别为LM2576T−5.0、LM2576T−5.0 Flow LB03、LM2576N−5.0、LM2576M−5.0、LM2576S−5.0。

LM2576系列开关稳压集成电路芯片的主要参数如下：

最大输出电流：3A；

最大输入电压：LM1576/LM2576为45V，LM2576HV为63V；

输出电压：3.3V、5V、12V、ADJ（可调）；

振荡频率：52kHz；

最大稳压误差：4%；

转换效率：75%～88%（不同的电压输出的效率不同）；

工作温度范围：LM1576为−55℃～+150℃；LM2576/2576HV为−40℃～+125℃。

附图是LM2576集成稳压器的两种引脚排列。其引脚功能如下：

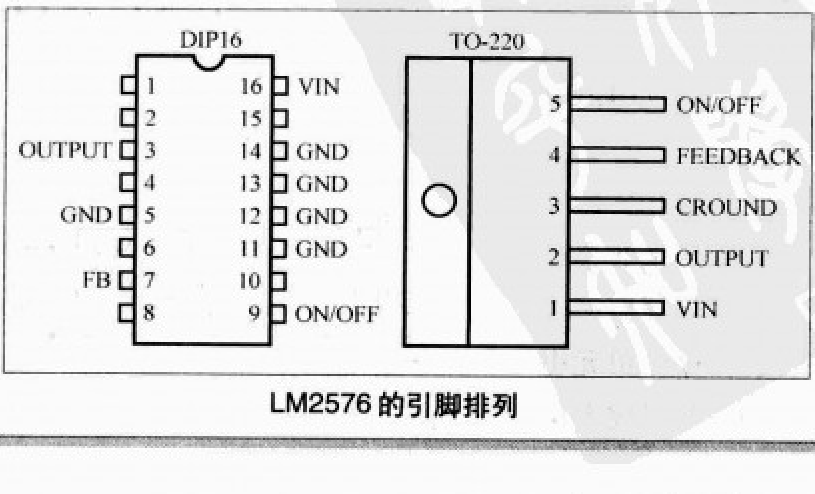
VIN：未稳压电压输入端；

OUTPUT：开关电压输出，接电感及快恢复二极管；

GND：公共端；

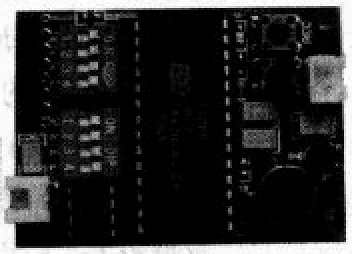
FEEDBACK：反馈输入端；

ON/OFF：控制输入端，接公共端时，稳压电路工作；接高电平时，稳压电路停止。



LM2576的引脚排列

如何遥控语音录放电路
——语音录放电路＋无线收发模块



文/苏 林　罗良庆　魏武星

ISD1400系列芯片作为专用单片语音录放集成电路，已广泛应用于各类仪表、安防、玩具等电路中。利用该语音电路开发产品时，设计者往往需要事先对芯片进行分段录音。本文介绍的分段式遥控录放板，既可根据实际需要对ISD1400系列芯片进行任意分段录音，实现作为语音电路开发设计工具的基本功能，又能通过无线遥控方式控制放音，实现异地控制的扩展功能，特别适合语音电路开发、异地遥控放音等各种场合使用。

本文中以ISD1420P为例设计制作。作为无线遥控放音使用时，可遥控播放1～16段语音。在20秒的语音总时长范围内，每段语音录放时间能以1秒为基本单位进行任意组合。仅需使用1段时，语音内容时长可达20秒；需使用16段时，第1～15段时长为1秒，第16段时长为5秒。需要注意的是，这里所讲的段序是指语音内容在ISD1420P中存储地址的次序，具体在何时播放何段语音则可由操作者通过无线遥控发射手柄进行控制。

一、ISD1420P器件介绍

ISD1420P为专用单片语音录放集成电路，由时钟振荡电路、语音存储单元电路、MIC前置放大电路、录音自动增益控制电路、抗干扰滤波电路、功率输出放大电路等组成。

使用分段录放模式时，只需要在分段录音或放音操作之前（不少于300ns），给器件的地址引脚端A7～A0赋值，录音或放音的操作均从设定的起始地址开始。录音结束由停止按键操作决定，器件内部自动在该段语音信息的结束位置插入一个结束标志EOM；放音操作时，当器件遇到EOM标志立即停止放音。ISD1420P的地址端（A7～A0）有两个作用，取决于最高（MSB）两位A7、A6的状态。当A7或A6有一个为0时，所有输入均释放为地址位，作

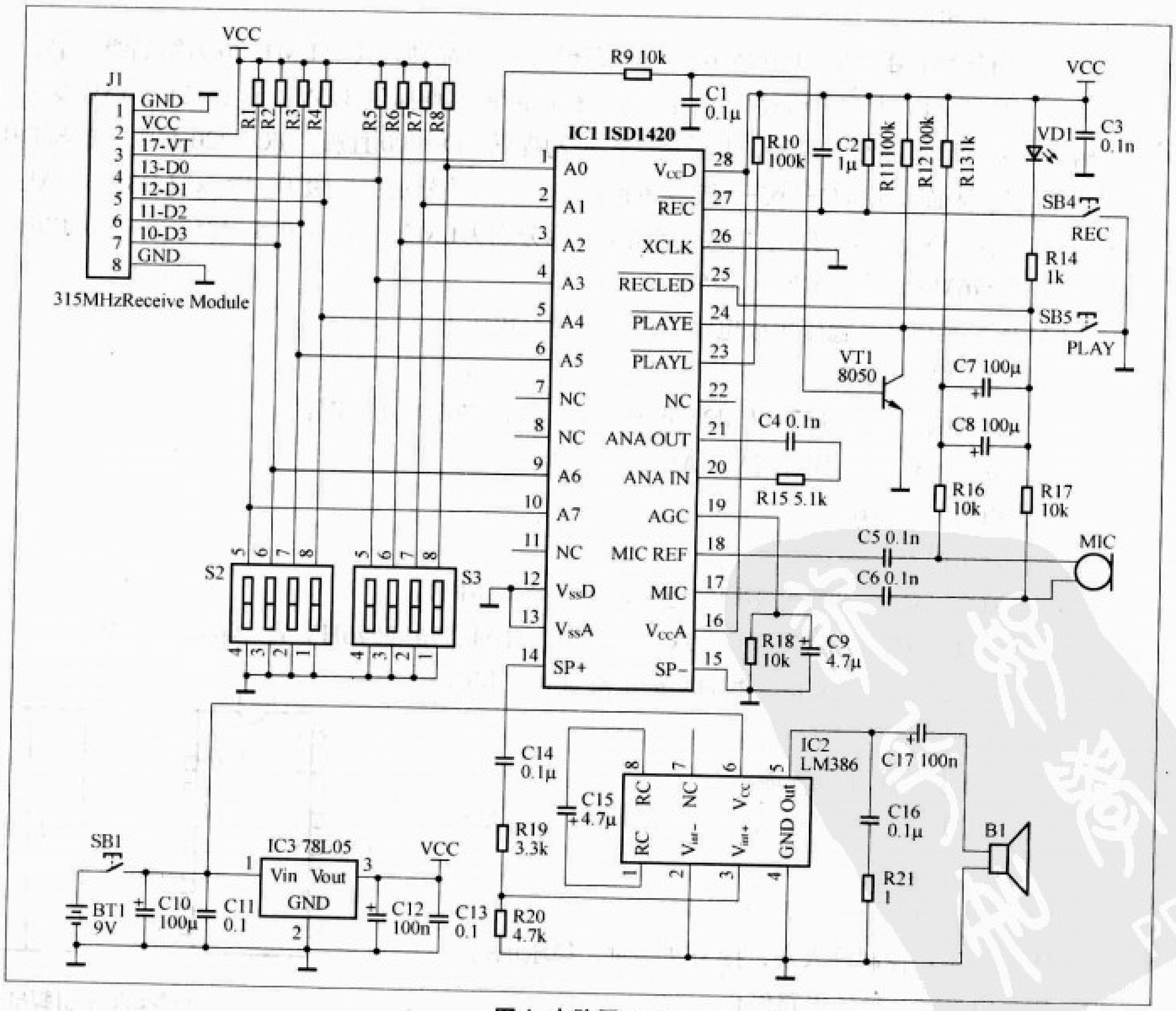


图1　电路原理图

为当前录放操作的起始地址，该地址在/PLAYE、/PLAYL或/REC的下降沿锁存。本文中器件的A7、A6即设置于此状态。

二、电路工作原理

电路原理图如图1所示。IC3（78L05）及其外围元件构成5V稳压电路。IC2（LM386）及其外围元件构成音频功放电路。IC1（ISD1420P）及其外围元器件构成语音录放电路。其中，MIC为录音话筒，R16、R17为MIC的直流偏置元件。在录音状态下，音频信号由C5、C6耦合到ISD1420P内部的话筒前置放大器，R15、C4为话筒前置放大输出与内部录音放大器输入端外部耦合网络；R18、C9为话筒前置放大器自动增益控制电路（AGC）外接时间常数控制网络；C14为功放输入耦合电容，R19、R20为音频功放输入分压限幅电路，调整其比值可以改变输出音量大小（如需经常调整输出音量，此处可换成电位器）。R1～R8为ISD1420P地址端的上拉电阻。C17为功放输出耦合电容。SB1为电源开关，S2、S3为语音分段拨码开关。SB4为录音按钮开关，SB5为放音开关。VD1为录音状态指示灯，R14为VD1的限流电阻。R10、R11、R12、R13为ISD1420P模式选择端上拉电阻。ISD1420P及上述外围元器件构成了ISD1420P录放音的典型应用电路，具体工作原理可参看器件提供商官方资料，此处不再赘述。

语音分段地址由S2、S3拨码开关控制。S2、S3共有8位DIP拨码开关，分别对应ISD1420P的地址端（A7～A0）。ISD1420P的分段放音地址距起始地址时差的关系见表1。作为分段录放音板基本功能使用时，可根据对各语音段时长的实际需要，通过S2、S3对A7～A0进行相应设置，达到任意分段录音的目的。

无线遥控放音功能由超外差无线数据接收电路和延时触发电路实现。采用成品超外差无线数据接收模块将大大降低制作难度。

在将A7、A2～A0置0的前提下，A6～A3的16种状态分别对应ISD1420P的16段语音。其中，第1～15段时长为1秒，第16段时长为5秒。详见表2。

作为无线遥控放音板使用时，应将S2、S3拨码开关中对应ISD1420P芯片A7、A2～A0地址端的开关置0。

表1 ISD1420P分段地址

十进制值	二进制值								放音地址距起始地址时差（秒）
	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.125
8	0	0	0	0	1	0	0	0	1.0
10	0	0	0	0	1	0	1	0	1.25
13	0	0	0	0	1	1	0	1	1.625
64	0	1	0	0	0	0	0	0	8.0
100	0	1	1	0	0	1	0	0	12.5
159	1	0	0	1	1	1	1	1	19.875

表2 ISD1420P分段录音地址表

分段序号	A7地址	A6～A3地址	A2～A0地址	放音地址距起始地址的时间差(秒)	段时长（秒）
1	0	0000	000	0	1
2	0	0001	000	1	1
3	0	0010	000	2	1
4	0	0011	000	3	1
5	0	0100	000	4	1
6	0	0101	000	5	1
7	0	0110	000	6	1
8	0	0111	000	7	1
9	0	1000	000	8	1
10	0	1001	000	9	1
11	0	1010	000	10	1
12	0	1011	000	11	1
13	0	1100	000	12	1
14	0	1101	000	13	1
15	0	1110	000	14	1
16	0	1111	000	15	5

通用超外差数据接收模块J1的D3～D0数据端接入ISD1420P的A6～A3地址端。可见，利用D3～D0数据即可实现对ISD1420P存储的16段语音进行寻址。

超外差数据接收模块J1的3脚（即PT2272M4的17脚VT端）在接收到信号期间为高电平，信号消失时跳变为低电平。我们利用这个电平来触发ISD1420P语音放音。

当操作者按下无线发射手柄某一位开关时，J1的D3～D0端输出对应发射端键号的数据，送入ISD1420P的A6～A3地址端；同时，J1的3脚（即PT2272M4的17脚VT端）跳变为高电平，经R9、C1延时（ISD1420P要求先给地址端A7～A0赋值，经至少300ns后才能进行录音或放音操作）后，迫使三极管VT1导通，将ISD1420P的24脚（PLAY端）电平拉低，相当于按下SB2放音开关，于是对应于操作者所按开关的某一段语音即被播放出来。当操作者松开无线发射手柄开关时，J1的3脚（即PT2272M4的17脚VT端）跳变为低电平，C1经R9放电延时一段时间后，VT1截止，遥控放音控制电路返回等待状态。

三、元器件选择与制作调试

为方便焊接、控制体积、减小噪声，该电路可采用双面板设计PCB，直插式集成电路与贴片式阻容元件混装的方式进行制作。需要注意的是ISD器件本身就是模数混合电路，它对从数字电路部分到模拟部分的噪声非常敏感。可以采用以下几个方面的措施减小噪声：一是把模、数部分的地线和电源地分开；二是避免数字信号线，特别是时钟线邻近或靠近低电平的音频线；三是增加电源线去耦电容；四是优化PCB设计布局；五是减小音频通路中的耦合与隔直电容器的电容值，也可以减小在业余条件下难免录到的ISD1420P中的“嗡嗡”声。印制电路板图见本期杂志配刊光盘。装配完成后的实物见题图。题图中未焊接超外差数据接收模块J1。

如何检测电池内阻

文/焦明德

以前到商店买电池，营业员都要先用小电珠试一下，如发光正常，则说明电池是好的。现在电器的从业人员，判断电池新旧好坏的时候，是先测一下开路电压，再快速测一下短路电流。例如对于普通5号电池，短路电流大于500mA，则就是好的。以上两例说明了电池要能够输出电流也就是能够输出足够的功率，才能称得上性能良好。为了便于分析，我们引入电池内阻的概念。在直流条件下我们可以给出电池的直流等效电路，以及公式 $U=E-IR$。此式说明电池内阻R越小，输出电流时电池电压降就越小，或者说该电池能够在大电流的条件下工作。

为什么要测试电池内阻

1. 因电池的容量越大，内阻就越小，因此可以根据内阻大小粗略判断电池容量。

2. 电池老化和失效后突出的表现为内阻增大，因此测试电池内阻就可以快速判断出电池的老化程度。

3. 电池组维护过程中，需要经常测试各电池单元的内阻，以便把内阻增大的单元挑出来，换个好的。

电池内阻的直流测量方法

1. 等效电路（见图1）

2. 一种简单的业余测试方法

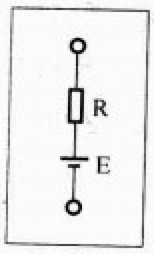


图1

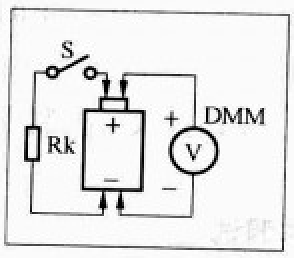


图2

找一块数字万用表，高位数的较好，可以取得较高的测试灵敏度。一只放电电阻，一只开关，按图2方法连接。电阻阻值的选择，大体上控制放电电流约为0.1C/h至0.2C/h。过大的放电电流有损电池且内阻测试重复性能差。测试步骤：

（1）S1断开，先测出电池开路电压 $U1$。

（2）S1接通，电池开始放电，快速读出此时的电池端电压 $U2$。

则 $R_{dc}=(U1-U2)/(U2/R1)$

例如 $R1=10\ \Omega$，$U1=1.521V$，$U2=1.492V$，算出 $I2=U2/R1=0.1492A$，则 $R_{dc}=U1-U2/I2=(1.521-1.492)/0.1492=0.194\ \Omega=194m\ \Omega$

注意测试时需采用四端测试，即电压表测试线和放电电路接线 必须分开接触电池的两个端口。

电池内阻的交流测量法

简化交流等效电路见图3。电池的实际等效电路较复杂，既有串联电容成分，又有并联电容成分。电池的交流等效电路表明，在交流信号的条件下，一个电池的外部特性可以看成电动势E、内电阻R和电容C三者相串联。但要注意的是，对同一个电池而言，在频率不同，信号强度不同以及温度不同时，E、R、C的数值是不同的。下页附表给出了不同电池在100Hz、1kHz测试条件下，作者测试的电池的阻抗、内阻等数据。表中容抗 $X_c=1/2\pi fC$，阻抗 $Z=\sqrt{X_c^2+R^2}$。表中同时给出了不同电池在温度变化时内阻的变化情况。因测试条件有限，表中数据仅供参考。

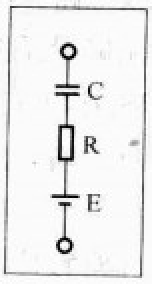


图3

自制电池内阻测试

在业余条件下，花不多的钱，自制一个电池内阻测试的电路，再加上一个普通数字万用表，即可以测试电池交流内阻。该电路实际上是一个1kHz信号源，它的作用是，提供流过电池的交流信号，再由数字万用表测试出电池两端的交流电压降，从而测试出电池的交流内阻。电路提供的交流电流值为100mA，数字万用表置于200mV交流电压挡，这样200mV换算成电阻即为2000m Ω。本文共介绍两种电池内阻测试电路，一种为无电源式，电路由被测电池供电。另一种需外接12V直流电源。

这两种电路均可满足伪劣电池的鉴别以及电池尤其是铅酸电池的维护需要。

1. 无源式电池内阻测试电路

（1）这种电路产生的测试电流为1kHz方波，原理图见图4，电路由被测电池供电，当电路1、4两端接到电池的正负两个电极时，电路开始工作。图中VT1与 VT2产生1kHz

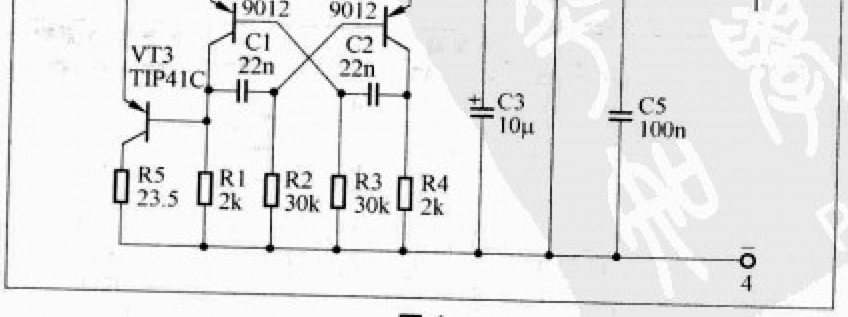


图4

附表

电池品种		铅酸电池 12Ah	锂离子电池 970mAh	镍氢 AA 电池 1300mAh	碱性电池 AA
开路电压		12.82V	3.79V	1.357V	1.593V
1kHz 阻抗特性	电容量 C	56000 μ F Xc=2.84m Ω	95000 μ F Xc=1.7m Ω	72000 μ F Xc=2.2m Ω	2820 μ F Xc=56.5m Ω
	阻抗 Z	12.41m Ω	113.8m Ω	23.7m Ω	140.5m Ω
	电阻 R	12.08m Ω	113.8m Ω	23.6m Ω	128.6m Ω
100Hz 阻抗特性	电容量 C	692000 μ F Xc=2.3m Ω	156000 μ F Xc=10.2m Ω	>200000 μ F	14400 μ F Xc=110.6m Ω
	阻抗 Z	14.86m Ω	130.2m Ω	25.3m Ω	304.8m Ω
	电阻 R	14.66m Ω	129.8m Ω	25.3m Ω	284m Ω
1kHz 温度影响	R ，20℃		113.8 m Ω	23.6 m Ω	128.6 m Ω
	R ，30℃	111.2 m Ω	22.6 m Ω	115.4 m Ω	

方波信号，推动VT3从电池吸取约200mA的峰值方波脉冲电流。换算成交流信号，约为有效值100mA。此时把数字万用表DMM置于交流200mV挡时，经一只10n电容器隔离，接到电池两端就可以读取电池两端的交流信号值。设交流方波电流的有效值为100mA，如果DMM显示值为10.0mV，则表示电池内阻（内阻抗）为100m Ω。稳压器7805提供VT1、VT2工作所需的稳定的5V工作电压，二极管VD1、VD2为防止电路接反起保护作用。

（2）实际使用方法

电路实物见图5，该电路可装在一个塑料小盒中，1、4端分别焊接红黑两根测试线，测试线的另一端焊好鳄鱼夹。数字万用表DMM的测试线一端也由表笔改焊上鳄鱼夹，并定义DMM的＋端（红线）为2端，com端（黑线）为3端，并且DMM的＋端要串联一只10n的电容器。测试时，最好电路的1、4两根测试线并在一起，DMM的2、3两根线并在一起以防止干扰。先把DMM2、3端鳄鱼夹夹在电池＋、－极上，待万用表显示数字回零后，再把电路的1、4端夹上去，即可读取电表显示的电池内阻读数。

（3）仪器读数的校准

由于测试的交流信号是方波，不是正弦波，各种数字万用表响应的灵敏度可能会有差别，因此该电路需要校准，具体的校准的步骤是：

A．找一个内阻较小的12V铅酸蓄电池，用电路先估测出的它的内阻值，例如为20m Ω。

B．找一只1 Ω左右的、已知准确阻值的电阻，设为1.011 Ω也即1011m Ω，把此电阻焊在电池的正极，或者使它们尽可能接触良好。然后测试串联有标准电阻的总的电阻值，此时DMM读数应为1011+20=1031m Ω，也即103.1mV，如不是，可调节图4电路的R5阻值，使显示准确。调节R5阻值的方法，可采取改变并联电阻阻值的方法。如找不到内阻较小的电池，即电池内阻和标准电阻相差不大时，则上述步骤要重复二三次。另外要说明的是，被测阻值会影响测试电流的大小，因此在以测试小阻值为主的情况下，上述校准时，可把读数减少5%左右。

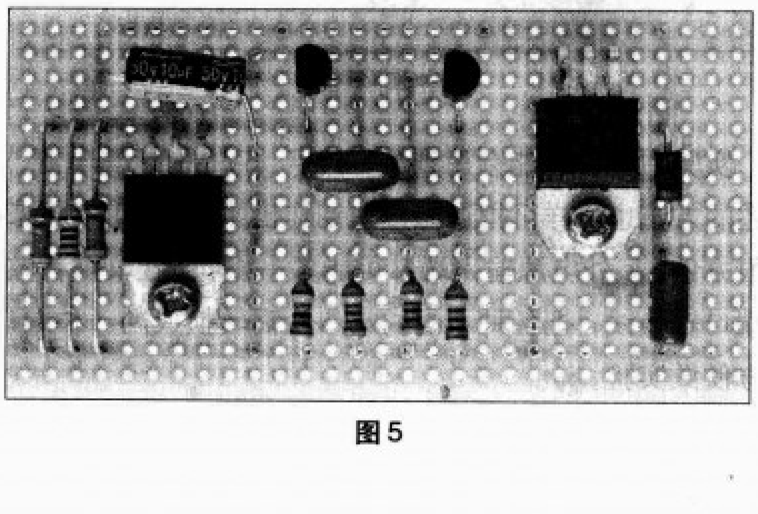


图5

这种自制的无源测试电路适用于12V～24V铅酸蓄电池内阻的测试。

2．有源12V电池内阻测试电路

这种电池内阻测量电路的原理图见图6，实物电路见图7，原理不再详述，这种电路适合测试0～50V的各种电池。

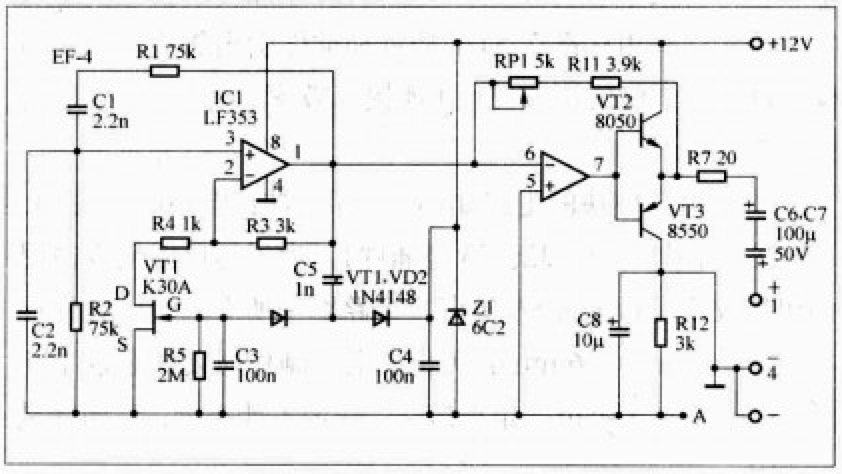


图6

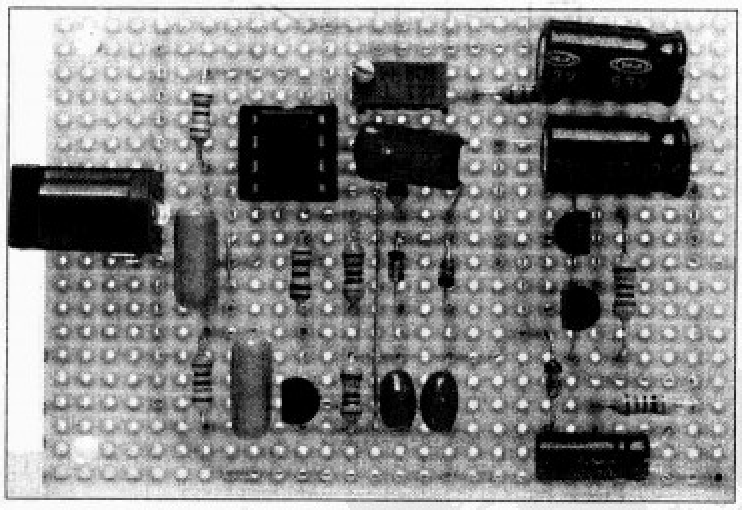


图7

注：目前市场上还有很多更专业的电池内阻测试仪，需要使用该仪器的读者，可关注本期杂志第102页的相关广告。

自制简易实验用电源模块

文/柯惠善

电源在实验中必不可少，常用的是5V电源，大多都是经过三端线性稳压器7805再加几个滤波电容组合而成的。随着技术的进步，越来越多的器件都在低压3.3V下工作，如单片机、LCD显示器、无线数据传输模块等。

电子爱好者或初学者的实验大多是在面包板或在实验板上完成的，而电源是每次实验都需要的，如果每次做实验时都重新搭建电源电路，不仅费时费力，而且容易出错。如果在实验板上则更麻烦，而且这样反复几次，很容易把元件搞坏（笔者曾有这样的经历，元件坏了，只有到电子市场去买新的，一个7805只要1元多，但路费却花了6元）。为了解决上述问题，我们只需要把电源部分电路全部焊在一小块实验板上，并用标准2.54的插针和插件引出作为一个公用模块即可，不仅使用方便，还能提高效率，不易出错，还可节省电子元件。

这个电源模块的电路如图1所示（注：电路图中的J4、J5、J6是插针；J1、J2、J3是插件），为了尽可能地少占用面包板或实验板的面积，笔者将电路图中所有的电子元件焊在一个21mm × 26mm的实验板上。制作时要注意以下几点：1.插件的正负极一定要统一，一定不能搞混；2.插针是在实验板反面，它是起固定电源模块和扩展端口作用的，在焊接时先把它焊在实验板上以便固定，然后再把插针上的塑料件向外拨，拨到插针另一头，再用细导线把它与插件的引脚焊接起来，最后把塑料件移到原位；3.所有引脚都是用细导线或元件引线连接的，为了避免短路线与线之间应用纸胶隔离，如图2所示。

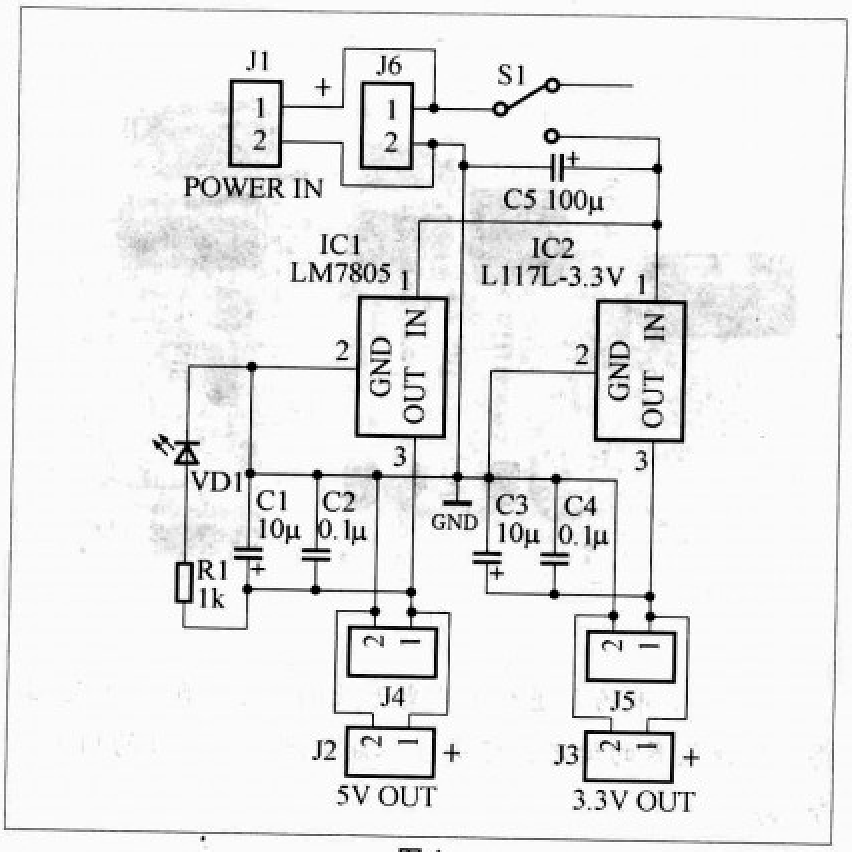


图1

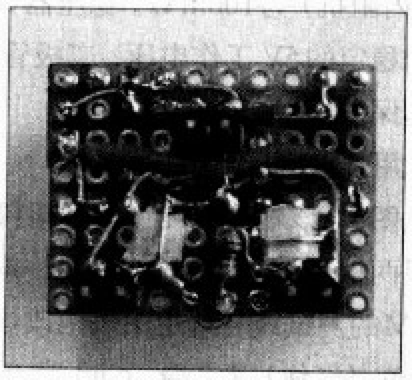


图2

除了这个模块，还要一些连接线，使用时只要把线插上即可，既方便又不容易出错。当然，还要一个电源接线端口扩展模块，因为在应用中，就电源上1个端口是不够的。这个模块的电路非常简单，在这里不作说明。连接线和端口扩展模块如图3所示。

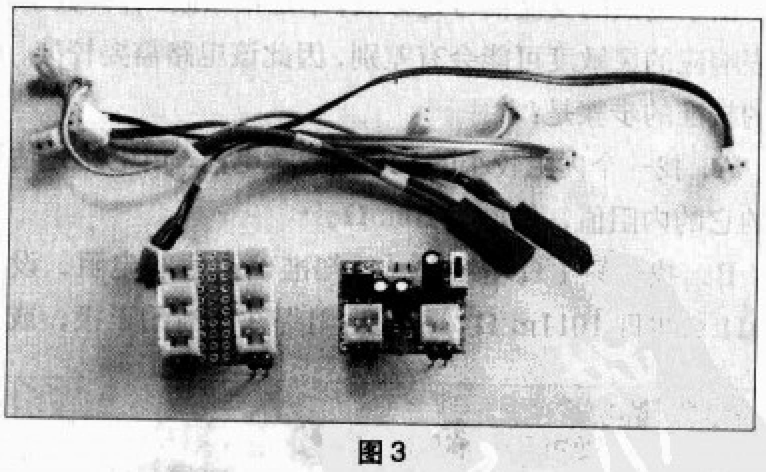


图3

实验中还有可能会用到12V、9V、6V、−5V等电源，用上述的方法也一样可把这些模块制作出来，这样使用起来将会很方便。另外电源输入端口可能各不相同，建议读者做一个端口转换线，把各种不同的端口全都转换成同一种端口，以方便做实验。

主板接口电路的维修

文/赵理科

我们在维修工作中常说的主板上的接口电路就是指连接键盘、鼠标、USB接口、串口、并口（打印口）、IDE接口、VGA（集成显卡的主板）等接口，对于新型的主板，还包括风扇控制接口、SATA硬盘接口等。下面只介绍故障率较高的接口电路的相关电路及其维修方法。

一、键盘/鼠标接口电路

主板上常用的键盘/鼠标接口采用PS/2接口，键盘和鼠标接口的工作原理和外形完全一样，在实物中通过采用不同的插座颜色来进行区分：鼠标插座是绿色、键盘插座为紫色。下面介绍其工作原理和常见故障的维修方法。

键盘/鼠标插座上有6个引脚与电路相连，不过只有4个引脚起作用。所有型号的主板键盘/鼠标接口电路基本类似，均主要由键盘/鼠标插座、电容、电感、电阻、跳线、保险电阻等元器件组成，以Intel 845E主板电路为例，键盘/鼠标接口电路的原理图如图1所示。

键盘、鼠标电路的时钟信号和数据信号一般由I/O芯片或者南桥芯片输出，贴片电阻（或者8P4R的排阻）RN58用来作为信号上拉电阻，提升信号的幅度，其阻值一般为4.7kΩ（标注代码为“472”），电感L8～L11主要起到抗干扰的作用，一般是电感量为68μH的贴片电感（标注代码为“680”），电容（或者8P4C的排容）CP18的作用是用来滤波，容量一般为47pF，在应急维修时，这个电容可以拆除不要。

JP3是电源跳线，可以选择键盘/鼠标采用+5V待机电源还是普通+5V电源，选择待机电源时，只要一通电，键盘/鼠标接口就有电压供应，而选择普通+5V电源时，则必须在开机后键盘/鼠标接口上才有电压供应。

F1是一个保险电阻，用来防止负载短路时烧坏ATX电源。这个保险电阻一般为贴片保险电阻或者是像色环电阻的普通保险电阻，在新型主板中，这个保险电阻采用了高分子PTC热敏电阻（外形一般为黄色）。

键盘/鼠标接口电路出现故障时一般有下面几种情况：①键盘或者鼠标有一个不能使用；②键盘、鼠标都不能使用；③键盘、鼠标有时可以使用，有时不能使用。

键盘、鼠标接口电路中最容易损坏的就是贴片电阻、贴片电感（开路或者虚焊），滤波电容短路，跳线连接不正常，

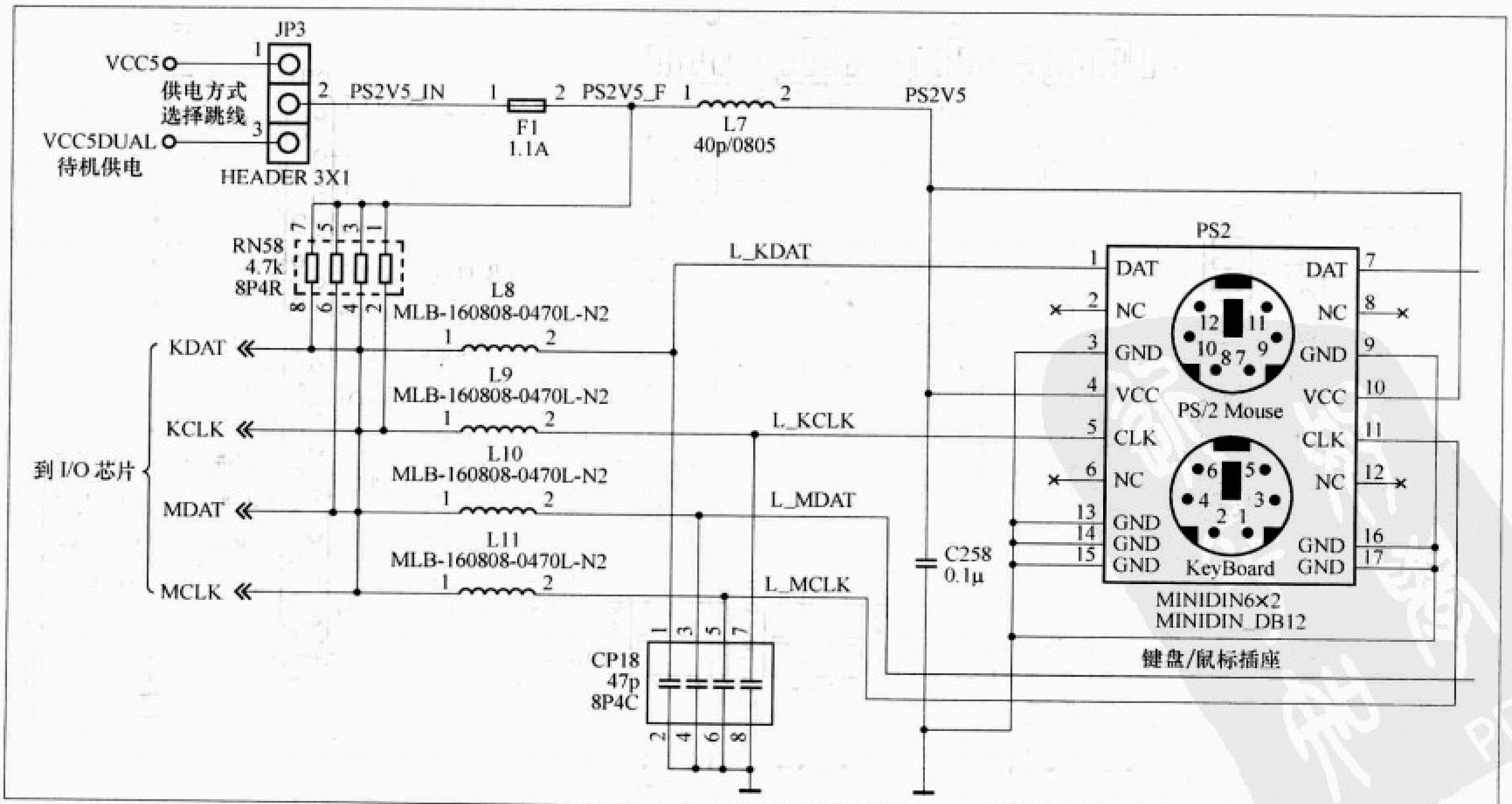


图1

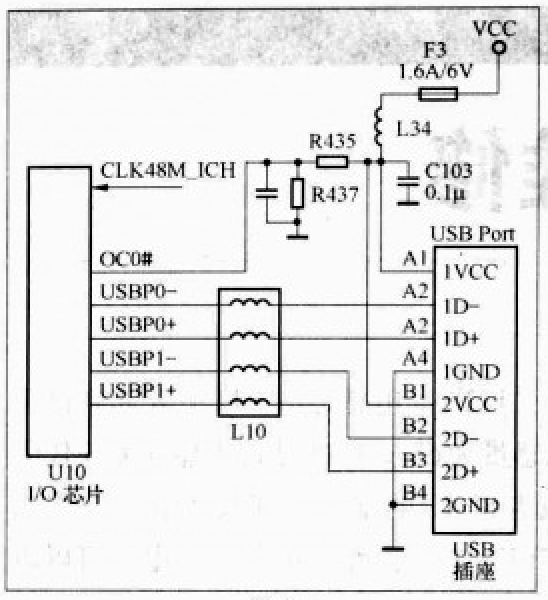


图2

保险电阻开路等情况。对于键盘、鼠标有时可以使用，有时不能使用的故障，一般是上拉电阻、插座虚焊所致。键盘／鼠标插座附近的贴片电感、贴片电阻是维修时重点检查的对象。

二、USB接口电路

USB接口是主板上使用最频繁的接口之一，由于经常使用，因此故障率也是比较高的。主板上的USB接口有前置接口和后置接口，前置接口的插针在主板上，提供延长线连接到前面板上，后置USB接口插座直接焊接在主板上。

USB接口中的4根连接线分别为电源线（+5V）、数据输入端（D+）、数据输出端（D−）、接地端。

USB接口的供电跳线电路工作原理与键盘／鼠标接口电路相同，如图2所示。USB接口电路中电感的主要作用是滤波，电阻、电容的主要作用也是滤波。限流电阻的作用是在短路时防止烧毁供电电路，若限流电阻的阻值增大，会导致USB供电电压下降，引起不能认出USB设备的故障。

USB接口电路一般和I/O芯片或者南桥芯片相连。

USB接口电路的故障率很高，常见的故障有USB接口不能使用和USB设备不能识别两种情况。

USB接口不能使用一般是USB插座虚焊、供电不正常、电感开路、电容短路等情况引起的。若数据线与南桥之间的连接不正常，也会导致USB设备插入USB插孔后出现无反应的故障。USB插座附近的元器件是检查的重点。

若出现USB设备可以检测到但是不能使用的故障，一般是USB插座的供电电流太小所致，导致供电电压不能满足USB设备的需要。此时应重点检查电源电路到USB插座之间的限流电阻、滤波电感等元器件。

USB接口一般是由南桥芯片直接管理的（有些通过I/O芯片管理），USB接口控制器集中在南桥芯片内部，USB插座2、3针数据信号一般是通过一个电感或者小阻值电阻连接到南桥芯片。因此，在主板可以点亮显示器的情况下，说明南桥芯片正常。此时应重点检查USB插座数据线相关的电感、电阻、电容等元器件。

三、并口接口电路

并口接口是主板上的一个重要接口，一般用来连接打印机等外接设备，因此这个接口又被称为打印口（LPT）。

并口接口电路的电路原理图如图3所示。并口接口电路中的贴片电阻（一般是排阻）用来耦合信号以及作为上拉电阻使用。耦合信号的贴片电阻阻值一般为33 Ω（标注数字

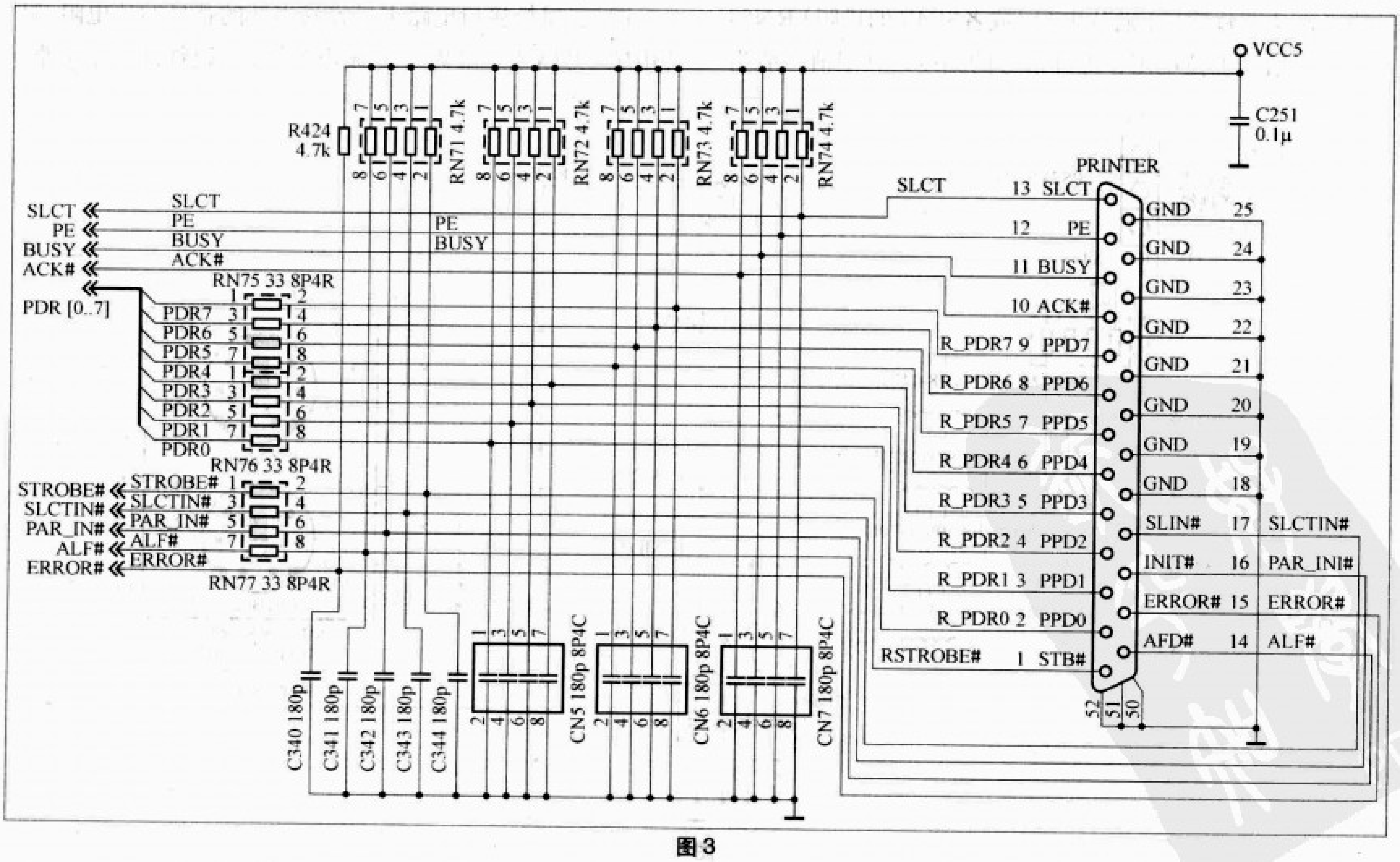


图3

为“330”)，上拉电阻的阻值一般为4.7kΩ(标注数字一般为“472”)。贴片电容的作用是用来滤波，提高电路的抗干扰性能。

并口接口电路一般与I/O芯片或者南桥芯片相连。并口接口电路的供电电压一般为+5V。由于许多用户在使用主板的过程中，经常热插拔打印机，其实这种习惯是相当危险的。除了打印机本身自带电源而使接口有电流之外，更大的隐患是强大的静电。静电产生的强弱跟环境有很大的关系，所以在用户热插拔打印机的一瞬间，就有可能烧毁主板上的芯片。新型主板的并口接口电路一般都取消了普通的阻容抗干扰(静电)电路，而是采用了专用的采用防静电保护集成电路，如PACSZ1284(28引脚)。

PACSZ1284不仅仅是将40多个电阻、电容进行简单封装，将这些分立元件集成在一起，而且还加人了很重要的防静电保护电路，从而提高了系统的可靠性，避免系统遭受ESD(静电放电)意外损坏。另外该IC还具有屏蔽EMI(电磁干扰)的功能，使主板的电磁辐射干扰降到最低。

采用专用抗静电集成电路的主板并口接口电路不仅性能提升了一个档次，而且电路更简洁。

并口接口电路由于使用频繁，故障率也是非常高的。并口接口电路损坏最多的元件，就是打印端口相连的电阻和电容。因此，在维修并口接口电路不能使用的故障时，应该重点检查并口插座附近的排阻和排容以及供电电路。

在主板可以点亮显示器的情况下，I/O芯片极少损坏。其中易损坏的元器件一般是与并口插座相连的33Ω左右的电阻或小容量电容(特别是排容)，有时打印口插座也易坏。

采用专用芯片PACSZ1284的并口接口电路若出现不能打印的故障时，可以更换这个专用芯片来予以修复。若以上元器件均检查且无问题，则要考虑更换I/O芯片或者南桥芯片来修复主板了。

四、串口接口电路

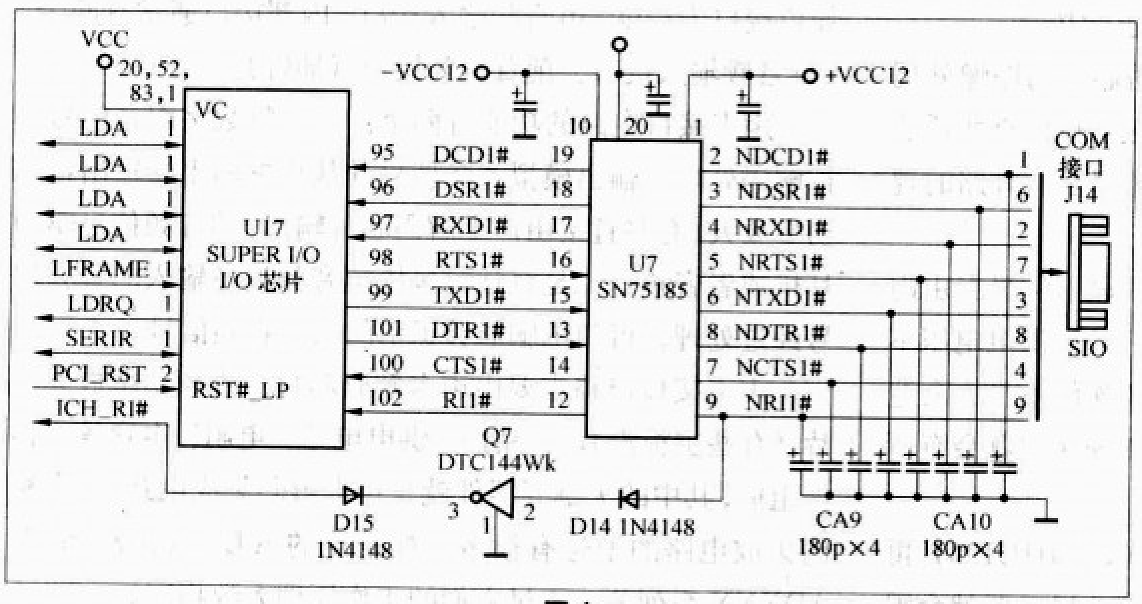


图4

串口又称为COM口，一般主板上有一两个COM口，串口接口电路主要由串口管理芯片(75232或者75185)、阻容元器件、串口插座等部分构成。串口接口电路的原理图如图4所示。

串口接口电路是由I/O芯片通过串口管理芯片对其进行管理的。最常见的串口管理芯片有75232、75185这两种，串口管理芯片一般都在主板上的串口插座附近。一个串口管理芯片控制一个串口输出插座，若主板上有两个串口插座，就会有两个串口管理芯片。

串口管理芯片一般需要三种供电电压12V、-12V、5V。串口管理芯片和串口插座之间连接的100pF贴片电容是用来滤波的，提高电路的抗干扰性能。

串口管理芯片外接的滤波电容漏电通常会引起串口不能使用的故障。串口管理芯片一般位于串口插座或者I/O芯片附近。

串口接口电路是由I/O芯片通过串口管理芯片对其进行管理的。在主板能正常工作的情况下，I/O芯片极少损坏。串口不能使用的故障大部分是由串口管理芯片损坏而引起的。

一般情况下，串口管理芯片损坏以后，它的表面会鼓起一个小包，这时一般会导致供电电路出现过流保护，从而导致主板不能开机的故障。

五、显卡接口电路

在主板中的显卡有集成显卡和独立显卡两种，由于独立显卡工作时处理工作基本可以独立完成，且其信号输出接口完全与输出无关(只是供电以及数据信号从主板取得)，因此本节只是介绍集成显卡的相关内容。

主板上的集成显卡主要集成在北桥芯片的内部。显卡接口电路一般直接连接北桥芯片到VGA插座。显卡接口电路如图5所示(以topstar P4m266 主板电路为例)。

主板上的显卡接口电路主要用来将北桥芯片内部图形/图像加速处理器产生红基色信号、蓝基色信号、绿基色信号、行场同步信号、I^2C总线数据信号送到VGA插座，再由VGA插座与显示器相连，使显示器实时将电脑的处理工作显示出来。

显卡接口电路中的电阻、电容主要是起到阻抗变换、滤波的作用，二极管起到限幅的作用，电感起到抑制高频干扰的作用。

在有些显卡接口电路中，为简化电路，没有使用限幅二极管。在主板插上独立显卡能正常工作的情况下或插上主

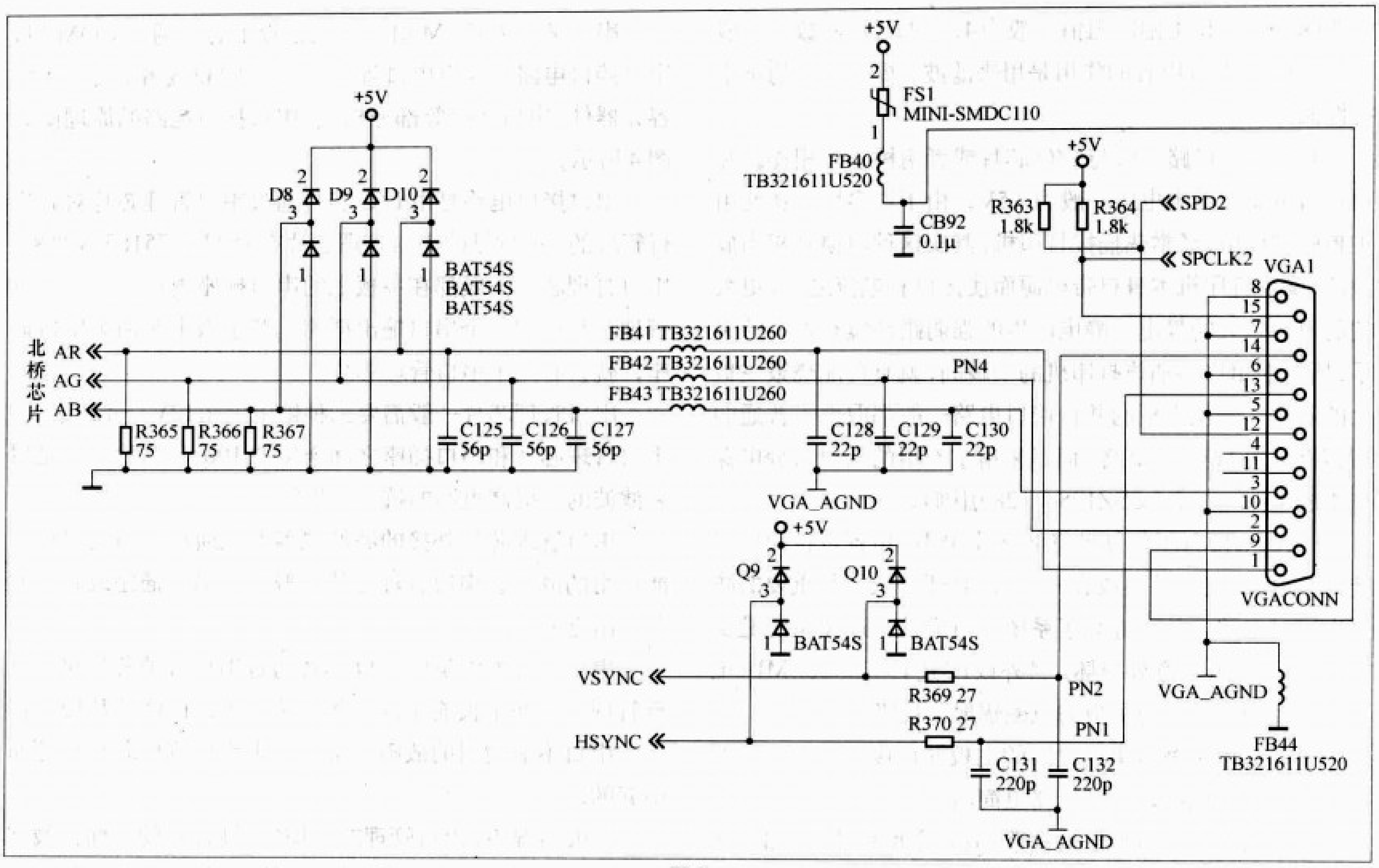


图5

板诊断卡时，诊断卡显示代码走到0b、26、31、38、42、48、4E、52、58、6F、7F、85时，北桥芯片损坏的可能性不大，一般易损坏的主要是北桥芯片到接口之间的元器件。显卡接口插座附近的电阻、电容、二极管（一般为贴片双二极管）是检查的重点。

显卡接口电路引起的故障主要有显示器缺色和不能点亮、花屏这三种情况。

显卡接口电路中的电感开路将会导致显示器出现缺色的故障，每个基色信号传输电路中的二极管短路也会将该路基色信号对地短路，使显示器出现缺色的故障。显卡VGA接口插座内部接触不良也会导致缺色的故障。

显示器不能点亮故障，一般是由北桥芯片与图像处理相关的数据、时钟信号丢失引起的，此时应重点检查北桥芯片周围的电解电容是否有鼓包、漏液，电感是否有开路的现象。

花屏故障除了内存引起的以外（集成显卡的显存由内存提供），一般都是因为北桥芯片的散热不良、供电电压不稳等情况引起。有时候，显卡的VGA插座接触不良也会造成花屏故障，不过这个时候用手晃动VGA插头问题会有所改善。

行场同步信号一般经过一个缓冲器（如74HC125）再连接到VGA插座上，若行场同步信号丢失，显示器就会因为检测不到行场同步信号而进入黑屏状态（显示器的工作状态由显卡输出的行场同步信号控制）。行场同步信号的幅度一般为0.5V～1.2V，若VGA插座上没有行场同步信号，则应该检查行场同步信号走向中的电阻是否开路或者虚焊、限幅二极管是否短路。最后，再检查缓冲器的工作电压是否正常，一般都可以很容易地找出故障元器件。如果上述器件均无问题，则故障通常是北桥芯片损坏所致。

六、声卡接口电路

目前大部分主板上都集成有声卡。集成声卡的外部接口有三个：蓝色接口为音频输出接口，红色为Mic接口，而绿色接口为Line-in音频输入接口。内部接口通常有两个：CD音频输入接口、前置音频接口（插针）。

声卡接口电路的功能有两个：一是将数字声音信号进行解码处理，输出模拟音频信号并从相关输出端输出经过功率放大（有些直接由声卡解码芯片输出）的音频信号驱动耳机或者音箱；二是将话筒等模拟音频设备输入的音频信号经过处理，得到电脑能够识别的数字音频信号。

声卡接口电路主要由声卡解码芯片、音频功率放大芯片（有些主板没有）、晶振、供电电路、电阻、电容等元器件组成，其中的关键元器件就是声卡解码集成电路。声卡解码集成电路的型号有很多，如常见的ALCXXX系列、ADXXX系列等。不过它们的工作原理大致相同。

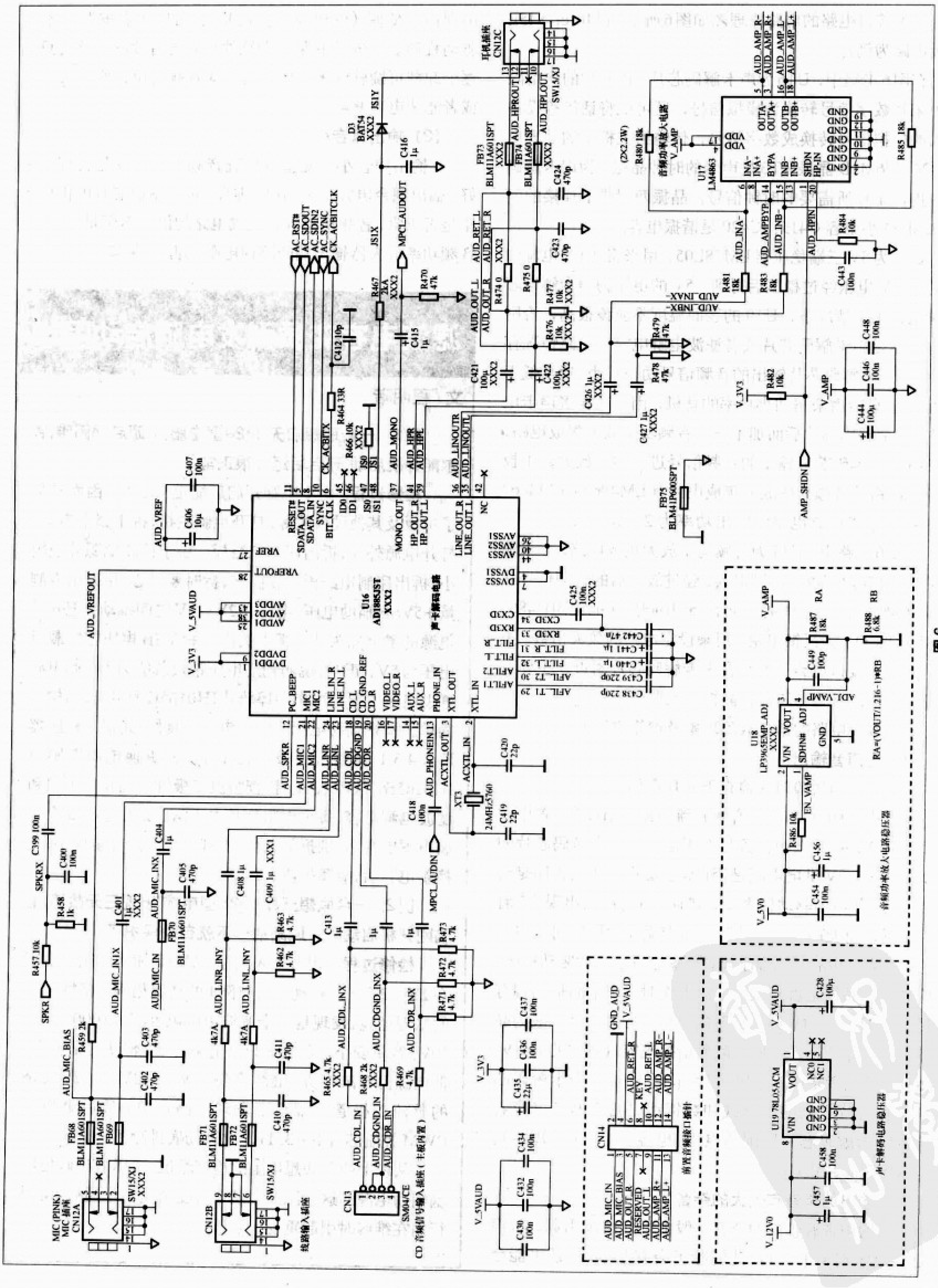

耳机插座 CN12C
SW15/XJ
D3 BAT54 XXX2
JS1Y
JS1X
C416 1μ
MPCI_AUDOUT
AC_RST#
AC_SDOUT
AC_SDIN2
AC_SYNC
CK_ACBITCLK
R467 2kA XXX2
R470 47k
C415 1μ
C412 10p
R464 33R
R466 10k XXX2
FB73 BLM11A601SPT XXX2
FB74 BLM11A601SPT XXX2
AUD_HPROUT
AUD_HPLOUT
C424 470p
C423 470p
AUD_RET_L
AUD_RET_R
AUD_OUT_L
AUD_OUT_R
R474 0
R475 0
R477 10k XXX2
R476 10k XXX2
C421 100μ XXX2
C422 100μ XXX2
AUD_AMP_R-
AUD_AMP_R+
AUD_AMP_L-
AUD_AMP_L+
(2X2.2W)
R480 18k
音频功率放大电路
V_AMP
U17 LM4863
VDD
INA-
INA+
BYPA
INB-
INB+
SHDN
HP-IN
OUTA-
OUTA+
OUTB-
OUTB+
GND
R485 18k
AUD_INA-
AUD_AMPBYP
AUD_INB-
AUD_HPIN
R484 10k
C443 100n
R481 18k
R483 18k
AUD_INAX-
AUD_INBX-
R479 47k
R478 47k
C426 1μ XXX2
C427 1μ XXX2
R482 10k
V_3V3
C448 100n
C446 100n
C444 100μ
AMP_SHDN
FB75 BLM41P600SPT
AUD_VREF
C407 100n
C406 10μ
AUD_VREFOUT
V_5VAUD
U16 AD1885JST XXX2
声卡解码电路
RESET#
SDATA_OUT
SDATA_IN
SYNC
BIT_CLK
ID0
ID1
JS0
JS1
MONO_OUT
HP_OUT_R
HP_OUT_L
LINE_OUT_R
LINE_OUT_L
NC
VREF
VREFOUT
AVDD3
AVDD2
AVDD1
DVDD2
DVDD1
AVSS1
AVSS2
AVSS3
DVSS1
DVSS2
CX3D
RX3D
FILT_R
FILT_L
AFILT2
AFILT1
PC_BEEP
MIC1
MIC2
LINE_IN_R
LINE_IN_L
CD_L
CD_GND_REF
CD_R
VIDEO_L
VIDEO_R
AUX_L
AUX_R
PHONE_IN
XTL_OUT
XTL_IN
AUD_MONO
AUD_HPR
AUD_HPL
AUD_LINOUTR
AUD_LINOUTL
CK_ACBITX
C425 100n XXX2
C442 47n
C441 1μ
C440 1μ
C439 220p
C438 220p
AUD_SPKR
AUD_MIC1
AUD_MIC2
AUD_LINR
AUD_LINL
AUD_CDL
AUD_CDGND
AUD_CDR
AUD_PHONEIN
ACXTL_OUT
ACXTL_IN
C420 22p
C419 22p
XT3 24MHz5760
C418 100n
MPCI_AUDIN
C399 100n
SPKRX
C400 100n
R458 1k
R457 10k
SPKR
C401 1μ XXX2
AUD_MIC_INX
C404 1μ
C405 470p
FB70 BLM11A601SPT
AUD_MIC_IN
AUD_MIC_IN1X
C408 1μ
C409 1μ XXX1
R463 4.7k
R462 4.7k
AUD_LINR_INY
AUD_LINL_INY
C413 1μ
R473 4.7k
R472 4.7k
R471 4.7k
AUD_CDL_INX
AUD_CDGND_INX
AUD_CDR_INX
AUD_MIC_BIAS
R459 2k
C403 470p
C402 470p
FB68 BLM11A601SPT
FB69 BLM11A601SPT
MIC (PINK) MIC 插座 CN12A
SW15/XJ XXX2
4k7A
C411 470p
C410 470p
FB71 BLM11A601SPT
FB72 BLM11A601SPT
CN12B
SW15/XJ
线路输入插座
R465 4.7k XXX2
R468 2k XXX2
R469 4.7k
AUD_CDL_IN
AUD_CDGND_IN
AUD_CDR_IN
CN13
SM04/CE
CD 音频信号输入插座（主板内置）
C437 100n
C436 100n
C435 22μ
C434 100n
C432 100n
C430 100n
CN14
GND_AUD
AUD_MIC_IN
AUD_MIC_BIAS
AUD_OUT_R
RESERVED
AUD_OUT_L
AUD_AMP_R+
AUD_AMP_L+
AUD_RET_R
KEY
AUD_RET_L
AUD_AMP_R-
AUD_AMP_L-
前置音频接口插针
U18 LP3965EMP_ADJ XXX2
VIN
SDHN#
VOUT
ADJ
GND
R487 18k
R488 6.8k
RA
RB
C449 100p
ADJ_VAMP
EN_VAMP
R486 10k
C456 1μ
C454 100n
V_5V0
RA=(VOUT/1.216-1)*RB
音频功率放大电路稳压器
U19 78L05ACM
NC0
NC1
C428 100μ
C458 100n
C457 1μ
V_12V0
声卡解码电路稳压器

图6

声卡接口电路的电路原理图如图6所示（以Intel 845E主板电路为例）。

在图6电路中，U16为声卡解码芯片，该芯片的作用除了用来将数字信号转换为模拟信号，还可以将话筒等设备输入的模拟信号转换成数字信号，传输给主板上的处理电路。24.576MHz晶振XT3是声卡的时钟晶振，为声卡解码芯片提供工作所需要的时钟信号，晶振两引脚上连接的两个22pF的小电容C419、C420是谐振电容。

U19为5V三端稳压器LM78L05，用来将ATX电源输出的+12V电压经过稳压后得到+5V的电压为声卡解码芯片供电，正常情况下，U19的表面温度不应该很高，否则就有可能是声卡解码芯片或者滤波电解电容有短路情况存在。由于声卡解码芯片输出的音频信号功率很小，通常低于100mW，只能用来驱动小功率的耳机，因此在很多声卡电路中，声卡解码芯片后面加了一个音频功率放大集成电路，以便将声卡解码芯片输出的音频信号进行功率放大。主板声卡上常用的音频功率放大集成电路有LM4866、LM4863等型号，这些集成电路的输出功率为2.2W × 2。

在图6电路中，U17为音频功率放大集成电路，声卡输出的音频信号从其6、15脚输入，经过放大后的音频信号从其5、16脚输出，送到耳机插座上。5、16脚外接的电阻R480、R485（18kΩ）为反馈电阻，用来设定电路的放大倍数。主板上的声卡接口电路一般都在声卡解码芯片附近，主要有电容、电阻、三端稳压器、晶振等元器件。

声卡接口电路的常见故障现象及检修方法如下。

（1）无声音输出

出现不发声故障时应检查下面几个部分。

①主板上的Audio（音频）跳线或CMOS设置中的“Audio AC97”选项设置是否正常。②声卡解码芯片的+5V以及+3.3V供电电压是否正常。③声卡驱动程序是否安装正常，若声卡驱动程序安装错误，有可能会出现“查看硬件正常，而无声音”的故障，声卡驱动程序应用主板附带的驱动光盘中的驱动程序或者厂家官方发布的驱动程序。④检查声卡晶振是否起振，正常工作时，声卡晶振两端有1.1V～2.1V的电压；如晶振两端有电压无波形则一般为晶振坏；如晶振两端无电压一般为谐振电容（图中的C419、C420）损坏或者是声卡解码芯片损坏。⑤检查声卡解码芯片到南桥芯片之间的地址线和数据线是否有断裂（应着重检查声卡解码芯片周围的电阻、电容有无开路、短路）。⑥声卡解码芯片损坏。

（2）输出的声音有较大的杂音

输出的声音有较大的杂音一般由下列情况引起。①声卡驱动程序安装不正确，此时除了会有杂音外，还可能会出现声音变调（变快或者变慢），这时应重新安装正确的驱动程序。②安装的某一个软件与系统有冲突，此时只能逐个卸载可疑软件来予以修复。③音频输出插座接触不良或者滤波电容漏电。

（3）输出声音小

输出声音小，应重点检查音频输出插座是否接触良好，输出耦合电容是否漏电、虚焊，声卡解码芯片的供电电压是否正常，音频功率放大集成电路的供电电压是否太低，音频功率放大器输出端的反馈电阻是否短路。

滤波电容变质引发电脑启动困难

文/程明喈

例1：一台联想启天2820型电脑，电源启动困难，偶尔能开机启动，开启后运行很正常。

检修过程：由于电脑开启后能正常运行，因而排除了主板及其他硬件故障。打开电脑主机，拆下整个电源，打开电源外壳，拆出印制电路板。由于此款电源外壳较小，拆出印制电路板比较困难，拆时要小心，用万用表测量+5VSB辅助电压，电压在2V～3V之间跳动。把开关电源的整个插头从主板上拔出，+5VSB电压在空载时电压为5V，正常，说明辅助电压带负载能力差。此电源辅助电压主要是由电源厚膜块IH0165B等组成，结构很简单。检查辅助电源的启动电阻，良好，光耦、稳压器KA431及整流二极管也正常，先更换电源厚膜块IH0165B，故障依旧。检查整流二极管后的几个电阻和滤波电解电容，每个电阻都基本正常。最后还剩3个滤波电解电容，分别拆下测量，发现其中一只容量变小，更换新电容后，故障排除。

例2：一台联想天麟4328型电脑，出现三无故障，电脑刚开机启动时，风扇动一下就自动保护了。

检修过程：用万用表测量+5VSB辅助电压，电压在2V～3V之间跳动。这与例1的情况相同。根据上述的修理经验，发现是一个滤波电解电容器（1000μF/10V）容量变小，新装一只好的电容后，辅助电压正常，但电源仍无法启动。继续检查+5V、+12V、−12V支路的整流二极管，都没有发现短路现象，最后更换了PWM控制芯片KA3511，故障彻底排除了。

从以上两台联想电脑的检修情况，可以看出联想电脑辅助电源的这一滤波电解电容变值是一个通病，请同行们在维修时引起重视。

彩电逃台故障检修

文/王绍华

故障原因

彩电逃台故障是彩电的一种常见故障，在介绍该故障形成的原因之前，先大致介绍一下彩电存台过程：在搜索节目的过程中，如果收到节目信号，小信号处理IC将会向CPU送回一个电台识别信号（行一致性检测或行脉冲），这时CPU将会放慢搜索的速度，同时图像中放电路将会根据信号强弱形成S形AFT电压。该电压部分送回CPU，并与内部设定的AFT基准电压进行比较，当比较结果与设定的基准电压值相等时，CPU就会将该频道的相关数据（V_T电压值）存入存储器，节目号自动加1，然后进行下一个频道的搜索（高频头V_T端子电压值继续升高），并重复上述的过程。上面提到的图像中放IC输出的另一部分AFT电压将送回高频头AFT端子（老式彩电）或V_T端子（新型彩电是将送回的AFT电压与V_T端子电压叠加），用以控制高频头内本振电路，以确保高频头混频输出的图像中频信号频率为38MHz。

从维修实践得知，导致逃台故障的根本原因是高频头V_T端子电压不稳或中放电路送来的AFT电压不正常或高频头内调谐、本振电路不良。其故障点大致有：(1)高频头本身不良（比如本振电路或调谐电路稳定性差）。(2)38MHz图像检波中频变压器或AFT移相中频变压器失谐（主要是内附管状谐振电容变黑漏电），这是形成逃台故障的主要原因。(3)视频/解码/行、场扫描小信号处理芯片外接晶振类型不符。(4)小信号处理芯片内部AFT信号处理电路损坏。(5)电视机调谐控制按键漏电。(6)33V调谐电压稳压管不良。(7)CPU 时钟振荡频率不准，比如时钟晶振不良。(8)CPU AFT端子基准电压不正常。(9)存储器不良，致使存储的频道数据发生改变。(10)调谐电压形成电路元件不良。

上述原因2、3、4点通常会导致中放电路送出的AFT电压不正常，5、6、7、8、9、10点通常会导致高频头V_T电压不稳。当然，由于现在新型大屏幕彩电图像、中放电路输出的AFT电压会通过I^2C总线传输给CPU，然后CPU再将其叠加在输出的V_T电压上，如果图像中放输出的AFT电压不正常，同样会使高频头V_T端子电压不稳。

检修方法

排除逃台故障常用的方法是断开法和电压检测法，先要确定被检修彩电是老式（即高频头上有AFT端子）还是新型I^2C或数字式或AFT电压控制彩电（即高频头没有AFT端子，或高频头AFT端子通过固定分压电阻接12V电压和地）。具体步骤是：(1)如果是老式彩电，可先测高频头AFT端子电压，有的是6V～6.5V，有的是3V～3.5V，然后断开中放电路送来的AFT电压，用电阻分压方式（如是6V～6.5V的，在AFT端子用56kΩ、68kΩ电阻分别接12V和地）使AFT端子为固定电压。若这时逃台故障消失，可以基本断定是中放电路送来的AFT电压不正确（这时可测得送来的AFT电压偏低或过低），应重点对38MHz图像检波中频变压器或AFT移相中频变压器内的小管状电容作认真检查。如确认已发黑，应查资料换同容量的新电容或干脆换新的免调式中频变压器（这种中频变压器是正品，出厂经过严格校准的，一般上机后不需要统调）。(2)如果在上步检测中证明中频变压器并未失谐，就再测图像中放IC AFT端子送出的电压是否与正常标称电压有较大差异。如是，在排除IC外围元件异常的前提下，可认定是IC内部AFT电压形成电路损坏，不过这种情况比较少见。若IC AFT端子电压基本正常，而高频头AFT端子电压却不正常，在排除高频头内部损坏的前提下，可认为是AFT电压传输电路元件损坏。(3)假定在第1步用电阻分压方式使高频头AFT端子为正常的固定电压后仍逃台，则说明逃台故障极有可能是高频头V_T端子电压不稳所致，其方法是：悬空高频头V_T端子，然后在V_T电压与高频头V_T端子之间串一只微安表（可用万用表10μA挡代替）试机，正常情况下电流应小于1μA。如果电流大于10μA，说明高频头内部有问题。另外，还可以这样鉴别：悬空高频头V_T端子后检测送往高频头的V_T电压，若电压稳定不变，则基本认定是高频头内部不良。如果测得V_T电压不稳，则要检查调谐33V电压是否稳定。如果稳定，说明故障在调谐电压形成电路，反之在33V稳压电路。(4)如果测得高频头V_T端子电压稳定，AFT端子电压正常且稳定，但仍逃台，则可肯定是高频头内部的本振电路不良。(5)如果是数字式AFT电压控制或I^2C总线控制新型彩电，可先查小信号处理IC中放电路输出的AFT电压值是否正常。如果不正常，通常是38MHz中频调谐变压器失谐（部分小信号处理IC只有一个38MHz中频调谐变

压器，比如TDA8361、TDA8362、TDA7688、LA76810、LA76820、TB1238、TB1240）。有的小信号处理IC就连38MHz中频谐振变压器也没有，比如TDA8841（OM8838）、TDA8843（OM8839），也没有AFT信号输出端子，是靠I^2C总线来传送。顺便说明，有的I^2C总线控制彩电的小信号处理IC有AFT电压输出端子，也同时有38MHz中频调谐变压器，如LA76810、LA76820、TB1238、TB1240。实践证明，由这种38MHz中频调谐变压器的小信号处理芯片不良引起的逃台故障几乎没有。(6)若小信号处理IC AFT端子输出的AFT电压正常，接下来再测无信号时CPU的AFT端子电压是否为CPU供电电压（5V）的一半。如果不是，就要检查该脚外部分压电路是否正常。若正常，则说明CPU内部的AFT基准电压形成电路有问题，必须更换CPU。(7)若上步检测正常，可测CPU的V_T端子输出PWM脉冲电压是否恒定。如果不恒定，则要对存储器、CPU外接时钟晶振，甚至面板按键（是否漏电）作认真检查。必要时CPU也要作替换法检查。(8)若上步检查中测得CPU的V_T端子输出脉冲电压恒定，而送至高频头V_T端子电压不恒定，则说明故障在V_T电压形成电路。

检修实例

例1：一台康佳F2109A2型彩电（LA76810机芯），出现逃台故障。

该机属I^2C总线控制彩电，高频头没有AFT端子，查高频头V_T端电压不稳，但测CPU（LA863316A）8脚V_T端输出的PWM脉宽调制电压恒定，显然故障在V_T调谐电压形成电路或33V稳压电路。经检测，发现33V电压异常。当更换33V稳压管VD601（LA5360）后，故障排除。

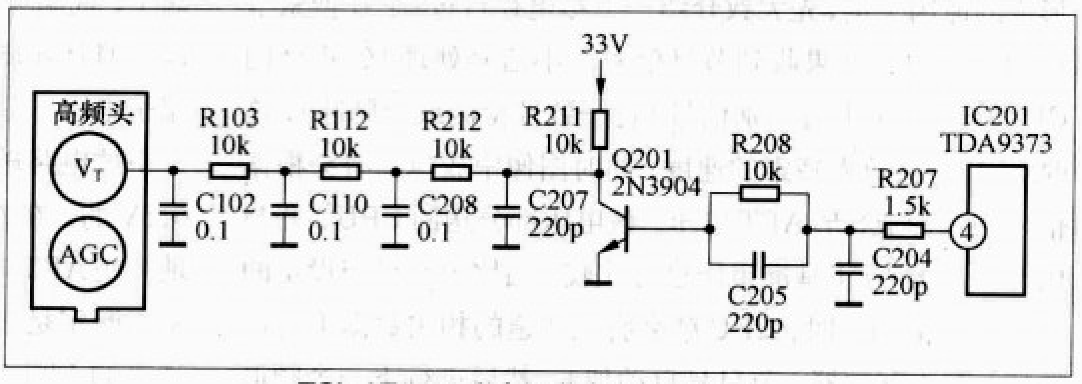
例2：一台康佳P2592N型彩电（TB1240N机芯），出现逃台且灵敏度下降。

该机属I^2C总线控制彩电，高频头也没有AFT端子，查小信号处理芯片N101（TB1240N）的1脚（AFT信号输出）电压只有0.6V（正常1.8V），该电压经R103（220Ω）与调谐电路送来的V_T电压汇合一起送至高频头V_T端子。考虑到中放电路送来的AFT电压不正常，故估计逃台是由AFT电压不正常所致。而影响AFT电压通常与38MHz图像检波中频变压器或AFT移相中频变压器失谐有关。由于该机只有38MHz中频变压器T102，于是试用无感起子微调T102磁芯，并用电压表监测N101的1脚电压。当将磁芯逆时针微调，发现AFT电压上升，当旋转60°左右时，AFT电压已上升至1.8V。试机，逃台与灵敏度低的故障均排除。

例3：一台TCL-AT2565F型彩电（TDA9373超级电视芯片机芯），出现逃台。

经测，高频头2脚V_T端子电压不稳。悬空高频头V_T端子，测调谐电路送至V_T端电压仍不稳。再测33V电压及超级芯片TDA9373的4脚输出的V_T脉冲电压均稳定，显然故障在调谐电压形成电路（见附图）。当替换Q201（2N3904）后，故障排除。

例4：一台TCL-2557D型数码智能彩电（TDA8841机芯），有时不能开机，有时能开机却出现逃台现象。



TCL-AT2565彩电调谐电压形成电路

在逃台故障出现时，发现高频头V_T端子电压不稳，断开高频头V_T端子，再测调谐电路送来的V_T电压仍不稳。进一步检查，发现CPU（Z90231）1脚（V_T脉冲电压输出端）输出的脉宽调制电压也不稳。查CPU外接时钟、复位、电源等电路均未发现异常。但断开CPU的10、11脚外接面板按键输入端子时，每次用遥控器都能顺利开机。看来面板按键有问题。经对面板7个按键认真检测，发现“DEMD”（记忆）键存有漏电现象。将其更换后，故障排除。

例5：一台海信TC2919KB型彩电（TA8783N机芯），出现顺序（从高端至低端）逃台现象。

先查高频头，发现AFT端子未接。断开高频头V_T端子，测调谐电路送至高频头的V_T电压仍在不断的从高至低变化。由现象分析，好像跟所存数据不停变化有关，而影响存储数据的只有存储器。于是更换厂家存有原始数据的存储器NA02（μPD6252C）后试机，故障终于排除。

例6：一台长虹C2591AV型彩电（TDA8362机芯），出现逃台现象。

经查，该机高频头虽有AFT端子，但已通过82 kΩ、100 kΩ电阻分别接12V和地形成6.5V固定偏压。查CPU（PCA84C841）1脚（V_T脉宽电压输出），输出电压不稳。在无信号状态下测CPU的9脚（AFT电压），只有1.5V左右，正常应为CPU供电电压（5V）的一半（即2.5V）。查该脚外接偏置电阻和滤波电容，无变值和漏电现象。据此，说明CPU内部基准AFT电压形成电路有问题。更换新品CPU后故障排除。

从三例无光栅故障中您学到了什么？

文 / 张庆辉 胡献满

例1：一台厦华HT-3261E型HDTV电视机开机光栅闪了一下就无光栅，开机指示灯（绿灯）亮。

分析与检修：测C516(220μF/250V)上的B+电压，在开机光栅出现的瞬间C516上的B+电压降低到115V左右，然后又恢复为185V（正常）。此时无光栅，行停振。检查数字行场处理电路N802（TDA4856）的2脚（X射线保护控制脚），在开机的瞬间，由0V升到1.92V（此时保护电路动作，行停振）又下降到0V，正常时电压值为4.73V左右。2脚电压在开机的瞬间电压上升到1.92V是不足于引起X射线保护的。测N802的8脚（行驱动输出是属于斩波型的输出），电压为10.58V，说明此时行停振了（有行驱动脉冲输出的时候电压要比电源电压低），此时N802的10脚（电源供电脚）的电压也是10.58V，正常时该脚的电压值为11.62V，因为此时行停振，开关电源的负载减轻，除了B+电压正常外，其他的输出电压都要降低。

将B+到行输出变压器T302（SR362）的滤波电感L302一脚吸空（即与电路印制板脱开），使行不起振。在B+的滤波电容两端接入100W的灯泡做假负载，开机B+电压为185V，稳定，说明不是开关电源电路引起该故障。将行扫描电路的行激励变压器T303（DE2532）吸空一脚，使行扫描电路不工作，恢复好L302，开机B+电压仍然会波动且还会保护，说明故障与行扫描电路无关。该机的B+电压主要负载是供给行扫描电路、行高压电路。因此怀疑行高压电路有故障，检查行高压产生电路，正常，行输出变压器用万用表无法测出好坏，怀疑行输出变压器内部有匝间短路，造成B+的负载过重，更换行输出变压器T401。开机，故障排除。

小结：该机因行输出变压器匝间短路，使行起振后，B+的负载过重，B+电压下跌到115V左右。开关电源执行过流保护（该保护是没有锁存功能的），造成N802(TDA4856)的10脚电压由正常的11.62V快速下跌，使TDA4856停止工作，行停振，所以开机的瞬间能看到光栅闪了一下，然后无光栅。该故障很像是X射线保护电路故障，但通过测量B+电压在开机的瞬间的变化情况，可以迅速的区分出故障范围。

早期的高清电视HT系列，行输出变压器匝间短路，B+的电压表现出的现象与上述的故障是一样的。该系列机型的行输出变压器短路不会引起开关电源或行输出变压器发出“吱吱”的响声，以及B+电压被拉低到50V～80V的故障现象，这一点有别于普通电视机。

例2：一台厦华MT-2935AHDTV型电视机在关机的瞬间光栅闪了一下，接着无光栅，黑屏。

分析与检修：开机，观察显像管的灯丝已点亮，调高加速极的电压出现带回扫线的暗光栅，无任何的图像内容和字符，说明行电路已经起振。测视放电压为198V，正常，说明B+电压和行频正常，行逆程电容无开路。测CRT板的12V电压，正常，整机的各个供电电压均正常，说明故障不是电源引起的。测解码板的R、G、B输出，电压只有0.78V，此时显像管的3个阴极电压都为198V，显像管的阴极电压越高，阴极产生的束电流就越小，光栅越暗。怀疑解码板有故障，检查解码板正常工作的条件：I^2C总线、5V、9V供电、复位电压、LA76930的RGB信号的输入电压、LA76930的行场脉冲输入信号、ABL控制信号、BLK行场消隐信号的电压均正常。因该机是在聚焦极打火的时候造成这种状态的，因此怀疑解码板被打坏了，更换解码板，故障依旧。认真思考了一下，因打火的能量较大，主要是高频、高压的冲击脉冲，谐波的成分很多，最有可能使存储器内的数据被改写掉，决定重新拷贝存储器的数据。拆下存储器，装入烧烤器，写入新的数据，焊回主板。开机，故障排除。重调行场和白平衡数据，一切正常。

小结：高压打火经常会造成存储器内的数据被改写。如高清系列的行输出变压器打火通常会造成扫描板的CPU和存储器内的数据被改写，从而出现奇奇怪怪的故障。

例3：一台厦华TC2968型HDTV电视机出现无光栅。

分析与检修：开机测C539（470μF/200V）上B+电压为135V，正常，测得行激励级的激励管V303（K3115）的D极(VMOS管的漏极)电压为135V，说明行没有起振。测得N302（TDA9116）的26脚电压为11V，说明是N302（TDA9116）没有行驱动脉冲输出引起行不起振。引起N302（TDA9116）没有行驱动脉冲输出的原因有：(1) N302的供电电压不正常；(2) N302的6、8脚外接的行振荡元件不良；(3) N302的26脚外接驱动输出供电电阻R355（750Ω）开路；(4) I^2C总线异常；(5) N302的2脚没有场同步输入；(6) N302本身不良。测以上元器件及相关测试点，发现N302

维修论坛

——www.radio.com.cn/bbs/

旧彩电最容易产生的脱焊故障

文/“家电维修”版主

zhq0306：一台长虹C2591型彩电，原来有自动关机的毛病，怀疑是脱焊。我拆开后进行了补焊，试机，屏幕出现了两三条水平条纹，慢慢地向上移动，请问是什么原因？是不是我拆的时候碰到哪里了？

ZCT：可能是开关电源部分的400V/100μF的滤波电解电容的引脚原来就有些脱焊，你在拆机移动电路板时使之与电路板分离了。

zhq0306：我看过了，也没有脱焊，是否为其他原因？

ZCT：再查查+B电压的滤波电解电容。

zhq0306：不好意思，什么是+B电压的滤波电解电容？

ZCT：开关电源输出的100多伏的主电压就是+B，请检查该电压的滤波电解电容。

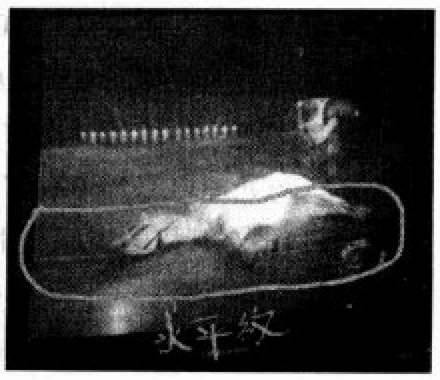
zhq0306：谢谢ZCT的热情帮忙，忘记说了一点，图中的水平条纹是慢慢向上移动的。我把我拍摄的故障现象的照片传上来，请朋友们指出故障在哪儿？谢谢！

ZCT：从你所拍摄的照片来看，造成这种现象的通常原因有：电源开关内部的触点打火、整流二极管性能变坏、400V滤波电解电容性能变坏或者开焊（可能性最大），+B滤波电解电容性能变坏或者脱焊。

zhq0306：如果是整流二极管性能变坏、400V滤波电容性能变坏，那我怎么去检测呢？

ZCT：最好的检测办法就是用优质同规格的元器件来代换被怀疑的元器件。

zhq0306：我换上400V的电容后，上面说的故障没了。我把全部螺丝固定好，后盖装好后再试机，想不到新的毛病出现了，有声音、没图像，屏幕中间一条水平亮线，怎么办啊？



ZCT：一定是场输出集成块的某些引脚脱焊了，小心地把各引脚焊一遍就可以排除故障，使彩电工作正常。

zhq0306：我仔细看了看场输出集成电路，没有发现开焊的引脚，怎么办？

ZCT：请用放大镜来观看，这时你就可以发现场输出集成电路的某些引脚的四周有裂纹，焊一焊这些引脚，故障有可能排除。

zhq0306：按照你的提示，我焊了焊引脚，电视机修好了，谢谢ZCT的热情帮助。

版主点评：长虹C2591型彩电是十多年前的老机型，“人老病多”了，在维修这样“疾病缠身”家用电器的过程中，往往会在排除了一种故障之后又会引发了另一故障，即所谓的“一机多病”的问题。zhq0306朋友在上面所提到的长虹C2591型彩电就是这样典型故障的一个佐证。

维修实践表明，工作于高电压或大电流的元器件最容易产生引脚脱焊的现象。具体有：①开关电源部分的整流桥或者整流二极管、400V的电源滤波电解电容器、厚膜集成块或者电源调整管、大功率电阻等。②行激励电路的行激励管、行输入变压器等。③行输出电路中的行输出管、行输出变压器等。④场输出电路中的场输出集成电路和有关电解电容器等。⑤μPC1423和IX0324CE等解码集成电路、该集成电路外接的晶振等。

的1、2脚电压均为0V（正常值为0.26V、0.04V）。说明解码板没有输出行场同步脉冲，解码板可能没有工作。检查解码板正常工作的相关信号及测试点：5V、9V供电、I^2C总线、复位电压、M61264送来的行场驱动信号、CPU送来的TV/HDTV、YPbPr/VGA切换信号、复位信号，发现解码板的复位电压为0V（正常值3.28V），说明解码板的复位电路可能存在断路或对地短路。测该脚，发现对地短路，顺着复位电路的铜箔检查，发现有一处与地线的铜箔间有污斑腐烂，用松香水清洗干净，并用电吹风吹干，通电试机，声图出现，故障排除。

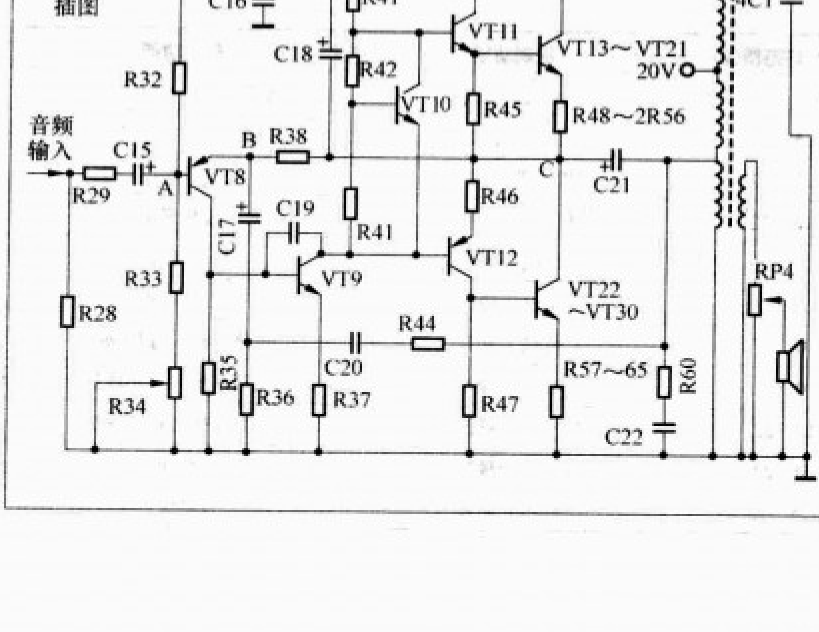
小结：解码板无CPU送来的复位信号，无法进行初始化控制，此时解码板也无晶振信号，整个解码板不工作。除了解码板的复位信号和I^2C总线信号外，CPU送来的TV/HDTV的切换电平不正确也会造成解码板无行场同步信号输出，同样会使TDA9116无行驱动信号输出。因此检修该类机型行不起振的故障，要注意解码板的工作是否正常，要有场同步信号送到N302（TDA9116）。无行同步信号则不会造成行停振，表现为行不同步。

扩音机屡烧保险管难症的检修

文 / 梁明义

一台远达TLK-150型扩音机，在学校运动会使用中，突然无音，检查6A直流保险管烧断。观察保险管内保险丝断点，无明显打火痕迹，认为属偶发故障（瞬间音量过大引起）。用备用保险管更换后开机试音，看台右侧扬声器不出声。检查发现该侧扬声器，其连线被学生拔下，且连线两接头处于近乎短路状态。至此，扩音机初次烧保险管的原因似已查明，但连续工作约40分钟后，扩音机6A保险管又烧断，观察保险管内保险丝熔断面呈微小球状，仍无严重打火（变黑）痕迹。因保险管烧断时扩音机音量并不大，怀疑机器确实存在故障。但当时正值运动会开幕式进行中，只得冒着烧坏机器的危险，取一簇焊锡丝塞入保险管卡口处，竟也勉强应付下来。

事后拆机检查。恢复6A保险管，接上扬声器试机，相关电路如附图所示。将信号源切换至收音状态，慢慢调大音量，用数字表的TEMP挡测量两预推动管VT11（DD01）、VT12（2SB546）的温度，约几分钟后，两管温度几乎同时达到80℃。看来，两管温升太快，而正常工作状态下两管温度不应超过40℃。将音量旋钮调至最低，测直流供电电压为80V，C点（中点电压）电压为39.5V，基本成倍数关系，据此判断上下推挽功放管均未击穿。测得上预推动管VT11（DD01）的V_{be}为0.54V、下预推动管VT12（2SB546）的V_{eb}约为0.54V，都很正常，据此判定前级各管的静态工作电压也应正常，检查的重点应在预推动管以后的部分。



逐一断开所有功放管（VT13～VT30/3DD102B）的基极，然后再断开相应功放管的发射极限流电阻(R48～R65/1.2Ω)，用指针式万用表的R×10k挡测所有功放管的c、e极间漏阻，均大于1000kΩ。暂且不将功放管接入电路，断开负载（110V高音扬声器 ）开机，放大监听音量，基本正常，但测两推动管管温较高。再测供电电压与C点电位，依然呈正常的倍数关系。通过比较，发现VT12（2SB546）温升较VT11（DD01）更快，更换2SB546后试机，故障依旧。测换下的2SB546参数，正常，只得恢复到原电路中。因DD01散热片较大，拆装困难，况且扩音机的型号太旧，在本地一时购买不到，维修暂停。

搁置一段时间后，又仔细分析电路，注意到下推动管2SB546的发射极限流电阻R46阻值仅为15Ω，功率为0.25W，由公式$I^2R=P$算出，该电阻最大电流应不超过130mA，而观察发现电阻R46的中间部位已变黑，两推动管显然都有过流现象。分别在DD01 的集电极和2SB546发射极（15Ω限流电阻处），串入量程为600mA的电流表，检测两管工作时的实际电流。开机瞬间，两电流表指针都摆过300mA，而后基本复零。按下播放键，并慢慢旋大音量旋钮，音量随之变大，但两电流表指针都能随音量峰值轻松摆过300mA，这与限流电阻R46允许通过的最大电流相差甚远。一会儿，主板上方飘起一丝青烟，细看限流电阻R46，已整体变黑，急忙关掉电源。取下变黑的R46，测其阻值仍为15Ω。最后怀疑OTL输出变压器局部匝间短路，断开变压器上的信号接入点，用另一小型变压器替换之，开机观察两电流表，数值仍超标。至此，除了替换DD01，别无它法。更换该管后试机，监控两电流表指数，随最大音量变化都不过30mA。试机一段时间后，再测两推动管温度，始终保持在40℃以下。最后将9组对管及其发射极限流电阻恢复到原电路中，接上110V高音扬声器，试机正常，故障彻底排除。

小结：在此例故障中，随着VT11的性能变劣，烧保险管的间隔会越来越短。在两预推动管VT11、VT12中，如有一只放大能力轻度失控，并不影响中点电位（C点）的比值。因为中点电位在被提高时，也会被下预推动管同时拉下，反之亦然，因此此类故障具有一定的隐蔽性。

资料

新型伴音功放集成电路

LA42×××系列一览

文/王申南

本文介绍的11种三洋LA42×××系列彩电新型伴音功放集成电路，其外形除LA42152为12脚SIP12封装外，均为13脚SIP13封装，参见图1，输出功率从3W到15W不等。它们一般都有一两种控制功能，诸如待机控制、静音控制、DC音量控制及消除开关机“砰”声等，且具有某些保护功能，如短路保护（包括输出对电源短路保护、输出对地短路保护及负载短路保护）与过热保护。芯片有单声道与双声道（立体声）之分。在表1的LA42×××系列IC型号中，一般紧接着LA42后面的两位数字表示输出功率（LA42351/LA42352除外）；而最后一个数字表示声道数，其中1表示单声道，2表示双声道。例如：LA42051输出功率为5W，单声道；而LA42152输出功率为15W，双声道。

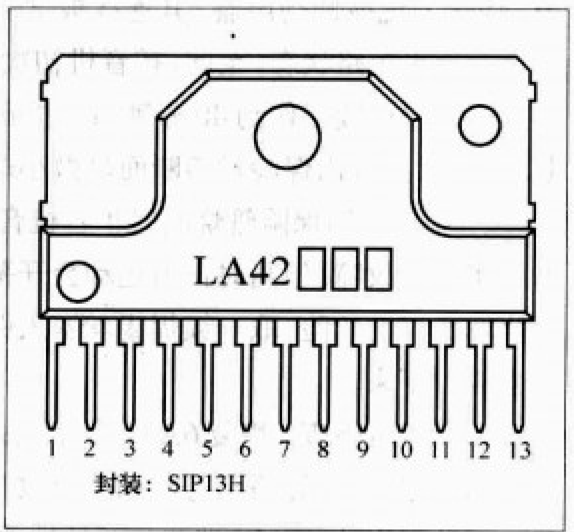


图1

LA42×××系列功放集成电路的突出特点是引脚功能基本固定，参见表2，如1脚为IC内部电源滤波电容接入端，3脚为音频输入信号地，10脚为功放级地，7脚为电源Vcc。而2、11、12、13等脚专用于立体声的声道1，所以对于单声道芯片上述4个引脚内部为空脚（NC）。由于引脚功能相对固定，电视机生产厂家就有可能为伴音功放电路设计统一的印制电路板，再根据输出功率及控制功能的不同，选用系列中的某一型号。同时也使维修人员寻找代用型号更加方便。

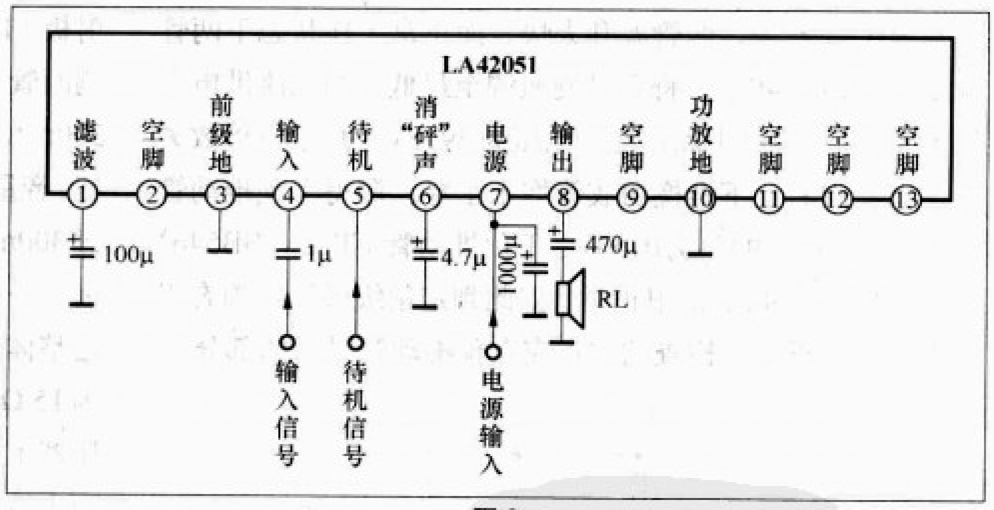


图2

图2为LA42051的典型外围电路。其中5脚为待机信号输入端，该脚电压小于0.5V时芯片处于待机状态，电压大于1V时芯片工作。6脚为消

表1 LA42×××系列功放集成电路特性表

型号	封装	声道数	输出功率(R_L=8Ω)	V_{CC}允许范围(V)	控制功能	保护功能
LA42031	SIP13	单	3W（Vcc=9V）*	5.5～15	待机/静音	短路保护/过热保护
LA42032		双	3W × 2（Vcc=9V）*	5.5～15	待机/静音	短路保护/过热保护
LA42051		单	5W （Vcc=18V）	5.5～22	待机/消“砰”声	过热保护
LA42052		双	5W × 2（Vcc=18V）	5.5～22	待机/消“砰”声	过热保护
LA42071		单	7W （Vcc=12V）	5.5～20	待机/静音	过热保护
LA42072		双	7W × 2（Vcc=12V）	5.5～20	待机/静音	过热保护
LA42101		单	10W （Vcc=14V）	10～17	待机/静音	短路保护/过热保护
LA42102		双	10W × 2（Vcc=14V）	10～17	待机/静音	短路保护/过热保护
LA42351		单	5W （Vcc=18V）	10～22	待机/音量控制	短路保护/过热保护
LA42352		双	5W × 2（Vcc=18V）	10～22	待机/音量控制	过热保护
LA42152	SIP12	双	15W × 2（Vcc=16.5V）	5.5～22	待机/静音	过热保护

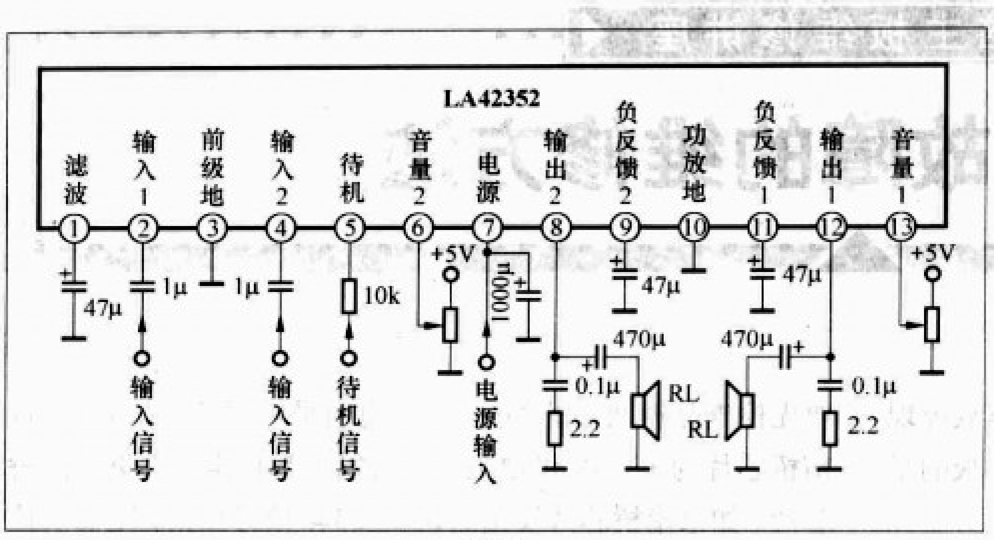


图3

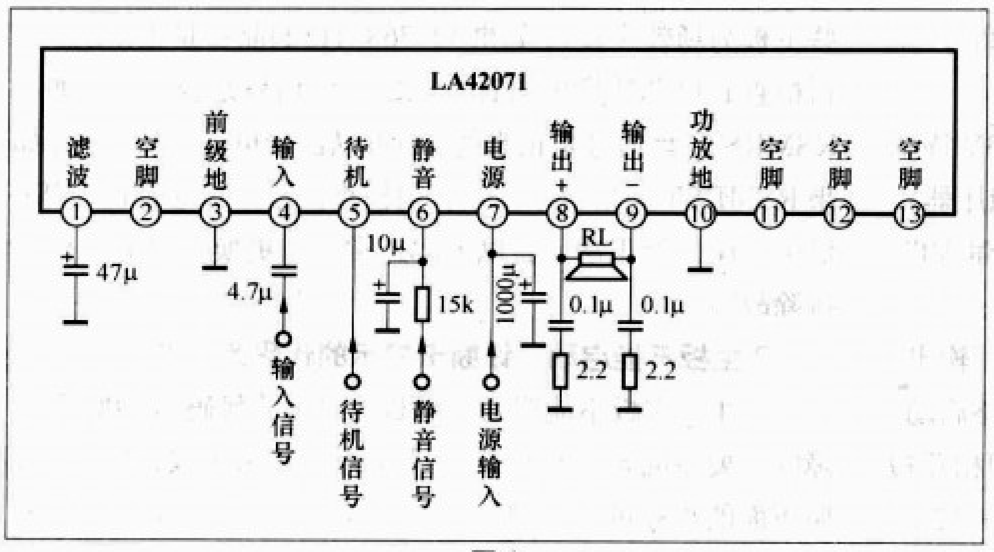


图4

除开关机“砰”声电容接入端，一般外接4.7μF电容到地。

图3为LA42352的典型外围电路。其中6脚为DC（直流）音量控制端，通过输入0V~5V的可调直流电压来控制音量大小，5V时音量最大，0V时最小。两输出端8脚与12脚各接有电阻（2.2Ω）与电容（0.1μF）的串连网络，用于消除输出自激噪声。11脚与9脚分别为声道1与声道2交流负反馈电容接入端，电容典型值为47μF。

表2中除LA42051/ LA42052和LA42351/ LA42352两组芯片为单端输出（OTL电路）外，其余芯片均为双端输出（BTL电路）。单端输出的负载RL（扬声器）串耦合电容后接于输出端与功放地之间（参见图2或图3）；而双端输出的负载RL直接接在“输出端+”与“输出端-”之间，如图4所示的 LA42071的典型外围电路。此外，LA42071的6脚为静音控制端。该脚输入电压大于1.7V时静音，电压小于0.5V时芯片正常放大。静音控制信号一般来自CPU的静音控制输出。

根据表2的引脚排列，很容易找到其中某一芯片的代换型号与代换方法。如LA42051，它可

表2 LA42×××系列功放集成电路引脚功能对照表

型号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LA42031	滤波	空脚	前级地	输入	待机	静音	Vcc	输出+	输出-	功放地	空脚	空脚	空脚
LA42032	滤波	输入1	前级地	输入2	待机	静音	Vcc	输出2+	输出2-	功放地	输出1-	输出1+	空脚
LA42051	滤波	空脚	前级地	输入	待机	消“砰”声	Vcc	输出	空脚	功放地	空脚	空脚	空脚
LA42052	滤波	输入1	前级地	输入2	待机	消“砰”声	Vcc	输出2	空脚	功放地	空脚	输出1	空脚
LA42071	滤波	空脚	前级地	输入	待机	静音	Vcc	输出+	输出-	功放地	空脚	空脚	空脚
LA42072	滤波	输入1	前级地	输入2	待机	静音	Vcc	输出2+	输出2-	功放地	输出1-	输出1+	空脚
LA42101	滤波	空脚	前级地	输入	待机	静音	Vcc	输出+	输出-	功放地	空脚	空脚	空脚
LA42102	滤波	输入1	前级地	输入2	待机	静音	Vcc	输出2+	输出2-	功放地	输出1-	输出1+	空脚
LA42351	滤波	空脚	前级地	输入	待机	音量控制	Vcc	输出	负反馈	功放地	空脚	空脚	空脚
LA42352	滤波	输入1	前级地	输入2	待机	音量控制2	Vcc	输出2	负反馈2	功放地	负反馈1	输出1	音量控制1
LA42152	滤波	输入1	前级地	输入2	待机	静音	Vcc	输出2+	输出2-	功放地	输出1-	输出1+	无

*当 Vcc=11V时，LA42031/ LA42032的输出功率分别为5W和5W ×2。

直接用相应的双声道芯片LA42052代换，实际上仅使用它的声道2，也可用LA42351或LA42352代换，不过代换时要将它们的第6脚（音量控制）改接到+5V，将第9脚（负反馈）加接一只47μF的电容到地。LA42051也可用LA42071代换，但代换时要将它的第6脚（静音控制端）改接到地；由于LA42071为双端输出，所以还要将扬声器（RL）的两端改为直接接8、9两脚（不接地）。另外，在选用代换芯片时还必须注意，其电源电压不能超出表1所列相应 Vcc 容许值范围。

表3列出了LA42352各脚的电压典型值，以供维修时参考。

表3 LA42352各脚电压参考值 单位：V（Vcc=18V）

型号	1	2	3
17.6	4.4	0	
	4	5	6
	4.4	0~5	0~5
	7	8	9
LA42352	18	8.9	8.8
	10	11	12
	0	8.8	8.9
	13		
	0~5		

电脑主板维修讲座

主板常见故障的维修方法

文/赵理科

主板出现故障后，不要盲目判断故障，而要根据故障现象有的放矢地去查找故障点，根据维修实践，电脑主板的常见故障及其检修方法主要有下面几种类型。

1.无电压输出

当主板出现按下电源开关后无电压输出的故障时，要按照下列步骤进行检查。

①检查主板上的+5V待机电压是否正常；+3.3V待机电压是否正常（主要检查LM1117、L1084等三端稳压器）。

②插上电源，按下电源开关（PWRBTN＃），测量ATX电源插座的14脚电位是否拉低。

如果电位已经拉低，而ATX电源还是没有电压输出，则通常是负载有短路，导致ATX电源内部保护电路启动。产生这种情况的主要原因是主板上某部分电源之间相互短路或者对地短路。这种情况要重点检查主板上的＋12V、＋5V、＋3.3V和CPU的主供电电压*Vcore*对地或相互之间有没有短路。通常是主供电电压*Vcore*电压输出场效应管对地短路或者电源PWM控制芯片损坏造成的。如果电位没有拉低，ATX电源插座的14脚电位依旧为高电平，则按照图1 所示的开机信号流程图检查开机按键输出的PWRBTN_SB＃以及SLP_S3＃信号是否正常。

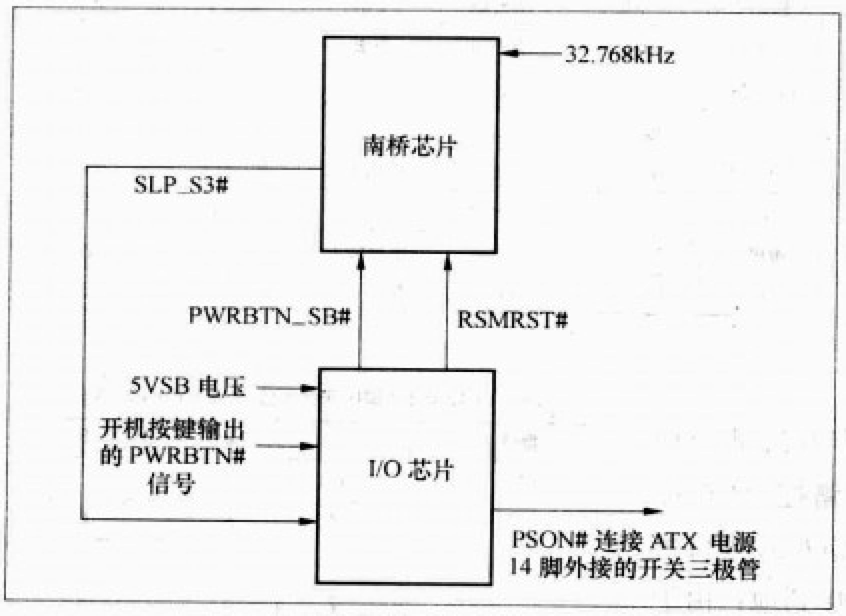


图1 开机信号流程图

如果PWRBTN_SB ＃信号正常，而SLP_S3＃没有正常发出，则先检查32.768kHz的晶振是否起振，如果晶振两端有电压但不起振，则更换振荡器。若晶振两端无电压，要先检查晶振两端的外接电容、电阻是否损坏，最后再检查南桥芯片的+3.3V供电电压。若以上都正常，则更换南桥芯片。如果南桥芯片发出的SLP_S3＃信号正常，则需要检查并更换I/O芯片或者ATX电源14脚连接的三极管（有些主板为场效应管）。如果32.768kHz的晶振是正常的，则再检查I/O芯片发出的RSMRST ＃信号是否正常。如果RSMRST ＃信号是正常的，则可以试着更换南桥芯片。如果RSMRST＃信号不正常，则检查供给I/O芯片的5VSB供电电压是否正常。若以上都正常，则更换I/O芯片即可排除故障。

2.主板不能启动，诊断卡显示的代码为“00”

产生“主板不能启动，诊断卡显示的代码为‘00’”故障的主要原因是“PCIRST＃”信号不正常所致。此时应按照下面的步骤进行检测。

①检查主板上的CPU主供电电压*Vcore*、1.5V供电电压、2.5V供电电压和1.8V供电电压是否正常。若其中之一没有输出，则检查该电压的相关供电电路。

②检查+3.3V待机电压是否正常。

③检查南桥上的14.318MHz和33MHz时钟信号是否正常。

④检查南桥芯片输出的“PCIRST＃”信号是否正常，否则更换南桥芯片。

3.主板不能启动，诊断卡显示的代码为“FF”

这种故障现象主要是由于CPU没有读到BIOS芯片中的BIOS数据所致。此时应该按照下面的步骤进行检测。

①检查南桥芯片到BIOS芯片的复位信号“ICHPCIRST＃”是否正常，正常工作时BIOS芯片的复位端有3.3V左右的电压，按下复位开关后，BIOS芯片复位脚的电平会由高电平跳变为低电平，然后再由低电平跳变为高电平。

②检查BIOS芯片上的时钟信号“PCICLK_FWH”是否正常，正常情况下BIOS时钟信号端的频率为33MHz。

③检查BIOS数据线是否正常。

④刷新BIOS程序。

⑤检查BIOS芯片上的初始化信号“FWHHINIT＃”是否正常，正常情况下用示波器可以测量到＋3V的电压。

⑥检查CPU的主供电电压是否正常。

4.CPU不能工作

这种故障的现象就是无论是否插上CPU，诊断卡上显示的数据都是一样的，这种故障的维修方法如下。

①检查CPU的主供电电压Vcore是否正常。

②检查CPU的PG信号（PWROK）和复位信号（CPU_RST#）是否正常。若PG信号不正常（没有），则检查南桥芯片的工作条件是否正常，若都正常，则可更换南桥芯片。若没有复位信号，则先检查供给北桥芯片的电压和时钟频率是否正常，然后再检查南、北桥之间的数据线是否正常，若信号都正常，则可试着更换北桥芯片。

③检查时钟发生器的频率和CPU的时钟端频率是否正常。

④检查CPU的GTL总线（Host Bus）基准电压GTLREF是否正常，正常的电压为Vcore电压的三分之二。

5. 内存不能工作，诊断卡显示"E0"或"A8"

出现内存不能工作，诊断卡显示"E0"或"A8"故障时要按照下面的步骤进行检测。

①检测内存插槽引脚是否短路（内有异物或铜锈），内存插槽附近的排阻是否开路或者短路。

②将内存分别插在各个内存插槽上，看是否有其他插槽可以使用，若有其他可以使用的插槽，则只检查不能使用的插槽的相关电路。

③检查内存的主供电电压（SD内存为3.3V，DDR内存为2.5V，DDR2内存为1.8V）和基准供电电压VTT_DDR（DDR内存为1.25V，DDR2内存为0.9V）是否正常。

④检查内存插槽中的时钟频率是否正常，这个时钟频率信号由北桥输出或者由单独的内存时钟芯片提供。

⑤检查内存插槽的CAS、RAS信号端信号是否正常(一直按Reset按键，用示波器测量这两个引脚的信号是否有跳变)。

若以上都没有问题，则可考虑更换北桥芯片。

6.键盘/鼠标不能使用

主板上的键盘/鼠标电路信号流程如图2所示。

这种故障的维修方法如下。

①首先检查P/S 2插座和I/O芯片之间的元器件是否有开路和短路存在。

②检查P/S 2插座上的+5V供电电压是否正常。

③检查P/S 2插座上的KBDATP、KBCLKP、MDATP和MCLKP四个信号端信号是否正常。

若以上都正常，则检查I/O芯片上的SERIRQ#信号以及I/O芯片本身是否正常。

7.软驱不能使用

虽然对于大部分用户来说，目前软驱基本上已经不再使用，但是对于一些特殊客户来说，软驱却依旧是必不可少的一个工具。软驱不能使用主要表现为抓不到软驱或读写软盘数据时出错，此时的检查步骤如下。

①先目测一下I/O芯片周围是否有开路或者短路的元器件，测试并确定软驱是否正常。

②进入CMOS内查看一下"Main"选项内的"Floppy"一项是否被设为"NONE"及"Advance"内的"I/O Device Configuration"选项下的"Floppy R/W"是否被设为"Only Read"。

③检查软驱插座中的DENSEL#、MTR[0:1]#、DRV[0:1]#、WDATA#、DIR#、STEP#、HDSEL#、WGATE#、RDATA#、TRK0#、INDEX#、WPT#和DSKCHG#等信号端的对地阻值是否正确，软驱在主板上的接口电路如图3所示。

④检查I/O芯片上的"CLK48M_SIO"信号是否正确。

⑤检查I/O芯片上的"LDRQ#"信号是否正常，若以上都正常则可先更换I/O芯片。

若测量所有信号都正常，但"读盘正常，写盘不正常"时可以考虑更换北桥芯片试试。

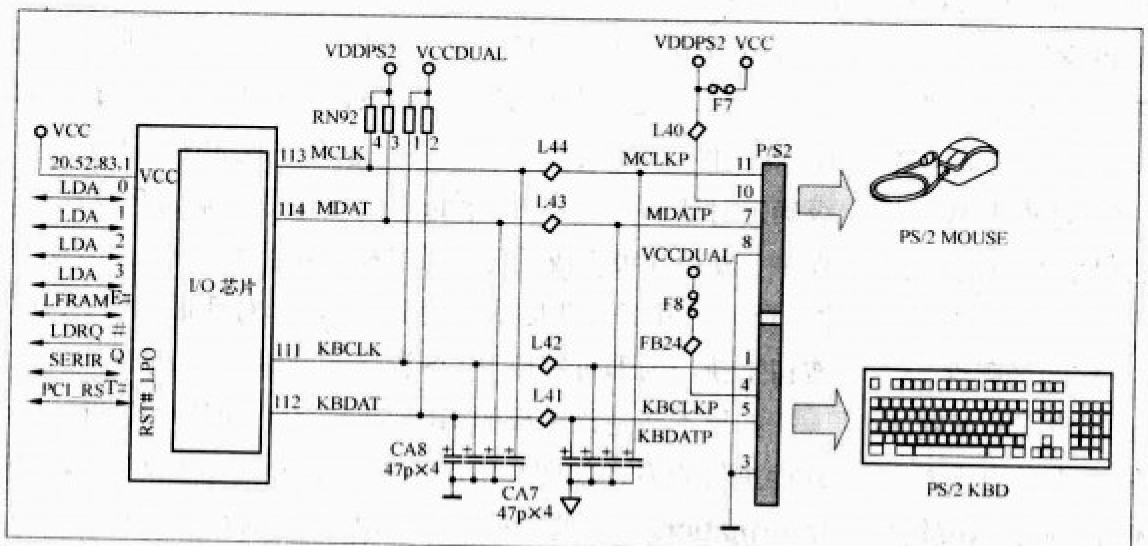


图2 主板上的键盘/鼠标电路信号流程图

8.BIOS数据错误引起的问题

对于电脑主板来说，BIOS程序是其稳定工作的一个重要条件，在用户打开电脑电源之后，系统可以工作，完全都要依靠存在ROM中的BIOS数据来支持，就算是操作系统调入之后，有些工作还是得依靠BIOS数据中的中断服务来完成。

当BIOS数据出错之后，会引起一些意想不到的故障，因此，在遇到难以解决的故障时，不妨刷新一下BIOS数据，

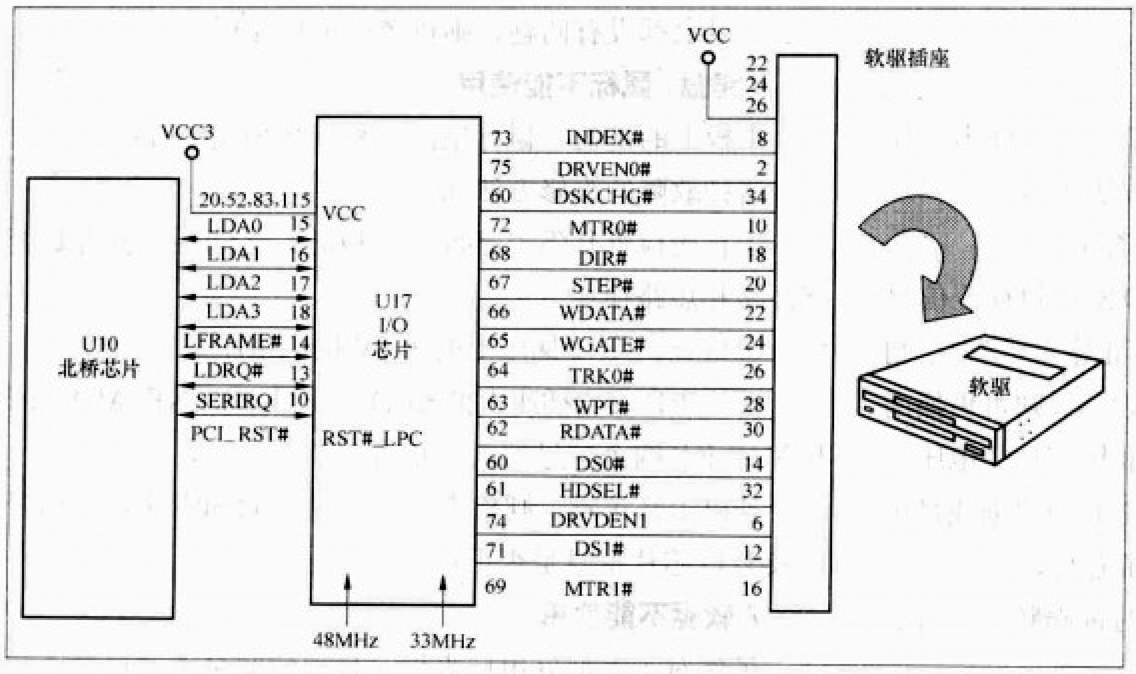


图3

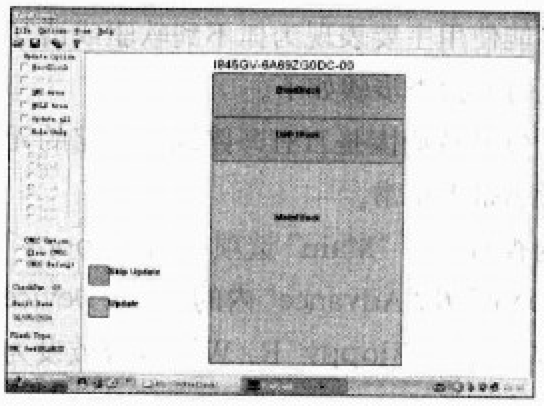


图4

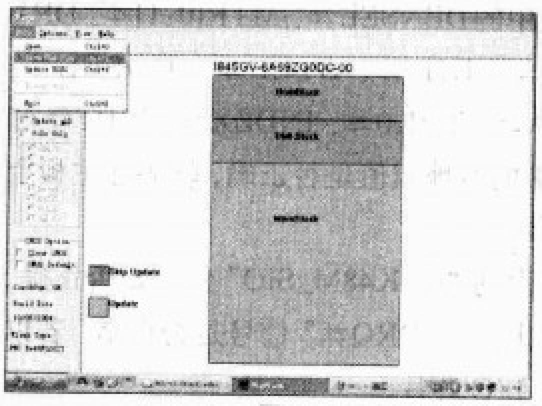


图5

或许会有意想不到的结果。例如：本公司维修站在遇到一起acer AM1600型号台式电脑在启动时出现蓝屏并显示“stop：0x000000B4（0x83210DF8 0x83211000 0x8321E3000 0x00050000)”故障代码，根据经验，更换过显卡、内存均不能解决问题，抱着试试看的想法，从acer的官方网站下载到该机主板的最新版本BIOS程序（R01−C0版本），然后刷到BIOS中，使故障得以圆满的解决。

很长一段时间，刷新BIOS都是在纯DOS环境下进行刷新操作。随着Windows的应用越来越广，而且很多读者对DOS已经很陌生了，不过现在很多厂家已经推出Windows环境下直接对BIOS芯片进行刷新的程序了，如技嘉、微星、华硕等主板厂家先后推出了适合于自己产品的Windows环境下BIOS刷新程序，但是其都有一定的局限性。后来，Award公司推出了自己的公用版Win环境下刷新程序WinFlash.exe（只针对于AWARD BIOS)。为方便读者在Windows下刷新BIOS，下面简单介绍WinFlash.exe软件的操作方法，至于其他在Windows下刷新BIOS的软件，限于篇幅，在此不再介绍，以后有机会再进行介绍。

应当在运行WinFlash.exe软件之前，要确定好原本的BIOS版本(例如：FN41S015)并准备好需要更新的BIOS程序（可以从主板生产厂家的官方网站下载）。

如果是运行WinFlash.exe软件，会出现如图4所示的界面。在图4所示界面中点击File→Open→Update BIOS Ctrl+U选项，如图5所示，然后就会出现如图6所示文件选择窗口，在该窗口中选择需要更新的BIOS文件（后缀名为“.bin”)，就会出现如图7所示的升级确定对话框，点击“Update”按钮即可开始升级BIOS程序。成功升级完成后（升级过程中不能断电），会出现如图8所示的升级成功提示对话框，点击该对话框中的“Yes”按钮重新启动即可完成BIOS程序的升级。

如果不清楚该主板的BIOS版本，可以用WinFlash.exe软件进行查看，如图9所示的方法点击“View→BIOS Information…”选项按钮即可出现该主板的BIOS版本以及BIOS芯片的型号等信息，如图10所示。

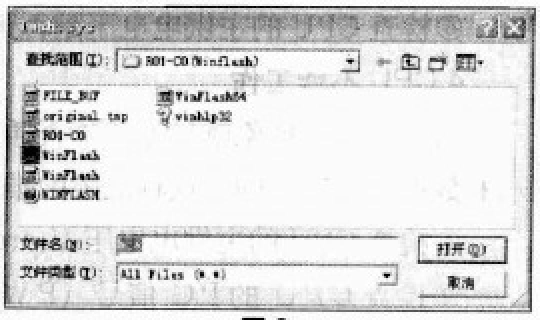


图6

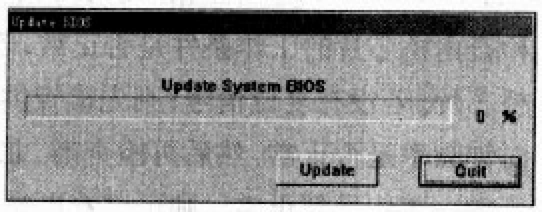


图7

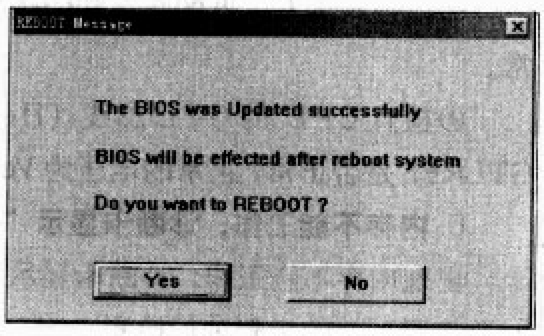


图8

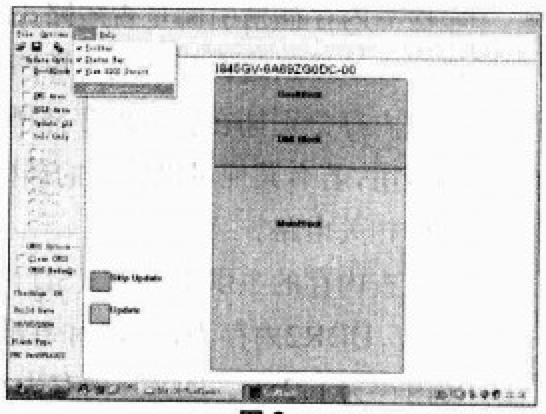


图9

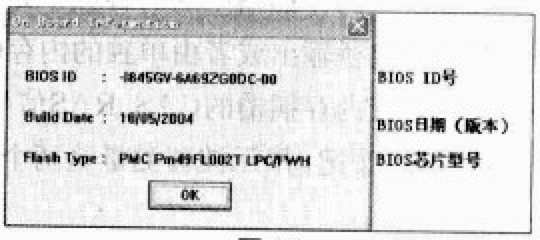


图10

看《去除电脑风扇噪声的有效方法》一文后的实际制作和改进

文/贾学忠

看了《无线电》2007年11期刊登的《去除电脑风扇噪声的有效方法》一文后，也准备把自己的电脑风扇的供电电路加以改进，降低些噪声，这里介绍一下自己的改动过程，供其他朋友参考。

原文采用的是7806稳压块，其实没有必要，还有更简单的办法，只需增加两条引线即可。具体方法如下。

先从电源供电插头引出＋12V、＋5V两根引线。电源引出的方式可以采用3种方法：第一种：把焊有导线的端子从插头里面取出来，在对应的＋12V和＋5V焊上导线，然后把端子重新安装到插座里面。第二种：到维修电脑的店铺买根一分二的电源线，就是用来扩充电源插头数量的接线，把其中的一个电源插头剪掉，把对应导线焊接引出。第三种：由于现在软驱几乎没有人使用，可以把给软驱供电的小4脚插座剪掉，引出对应的引线。我采用的是第三种方式，即把从＋12V引出一条线作为风扇正极，从＋5V引出一条线作为风扇的负极，见图1。这时风扇得到的电压是12V－5V=7V。一般普通的80mm×80mm的风扇在6V基本都可以启动，并保持转动，原文中也通过实际制作验证了这一点，现在采用这种方式给风扇提供7V工作电压，与原文相比，一方面增加了风扇启动的可靠性，同时由于省掉了7806稳压块，直接由电源供给，只要电脑正常启动了，几乎不存在出现故障的可能性。其实，为了降低风扇噪声，给风扇低压供电的方法很多，比如串联电阻、串联二极管、串联电阻同时给风扇并联个稳压管等，但是，若论方法的简单、节能，恐怕这种直接引线的方式还是无出其右的。

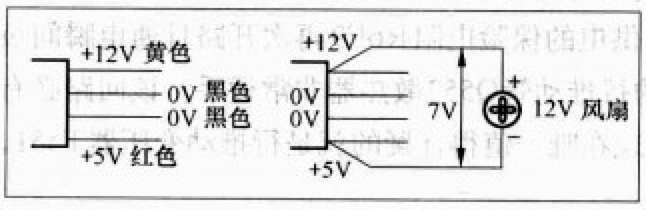


图1

对于原文中给电源部分增加风扇的方法，对于改造一些旧的电源，还是很值得借鉴的，供电也可采用上述的7V供电方法。对于现在比较新式的静音电源，因为大部分是采用12cm的风扇，电脑的CPU风扇因为功耗也非常大，为了提高启动的可靠性，可以考虑采用下面的这种供电方式，见图2。其工作原理为：开机时，由于有电解电容C1的存在，风扇两端电压瞬间几乎可以达到12V，除非风扇故障，基本都可以100%启动风扇。随着对电解电容C1充电的完成，电解电容两端电压达到5V＋VD1的正向压降。VD1为普通二极管，VD1的正向压降约为0.8V，即电解C1两端电压为5.8V，此时风扇两端电压为12V－5.8V＝6.2V，关机时电解电容C1通过VD1放电。VD1也对＋5和＋12V起到隔离作用。为了提高风扇的工作电压，增强可靠性，可以采用压降低的二极管，比如肖特基二极管。实际制作时手里正好有些做开关稳压电源剩下的肖特基二极管5KQ40，其规格是5A40V，C1是1000μF/25V的电解电容。实测风扇两端电压为6.96V，12V电压为12.35V；5V电压为5.1V，而VD1两端压降为0.3V。

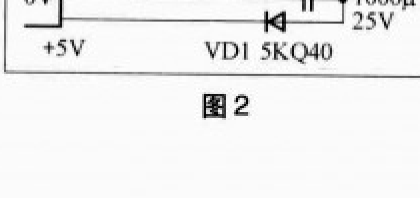


图2

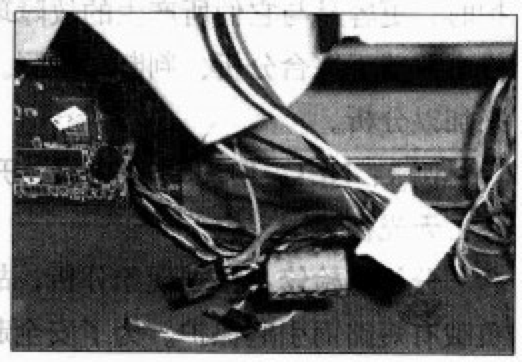


图3

图3中照片的电线为了测试电压，还没有用胶带或热缩管封上。通电正常后，为防止在搬动电脑时里面元件晃动造成电路的短路引发故障，增加的元器件的裸露金属部分都要用胶带或热缩管妥善包裹好，同时稳妥地固定在机箱内，以策安全。

本人的电脑电源因为是刚买不久，还在保修期内，所以就没有对电源内的风扇供电进行改装，只是去掉了显卡风扇，增加了机箱风扇，把机箱风扇和CPU风扇并联采用第二种方式供电的，见图4。改装后的风扇实际工作非常稳定，噪声也明显降低，效果比较满意。

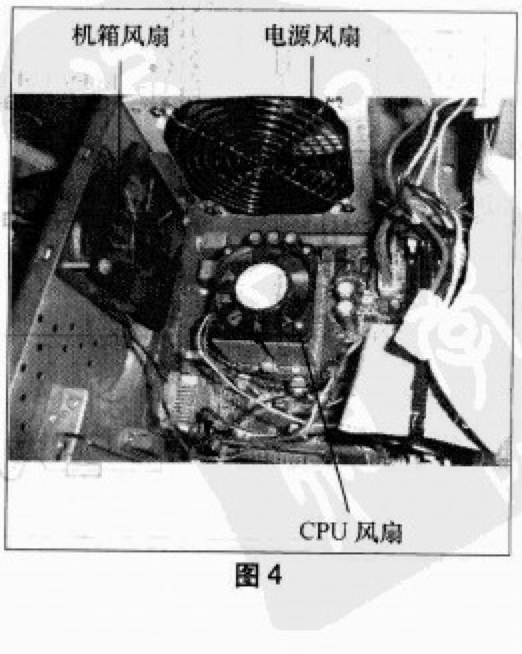


图4

从彩电与彩显的异同
看彩显视放电路的检修

文 / 苏志华

彩色显示器视放电路与彩电的视放电路既有相似之处，也有其自身的特点，尤其视放输出电路比彩电更容易出故障，这是由它自身的电路特点和外部工作环境所决定的。在彩显视放输出电路中，为了保证三枪输出的高度一致性，一般都采用视频集成电路。由于该IC内部输出晶体管挤在一起，尽管IC加有散热片，但为了抗干扰一般都将整个视频电路尾板用金属罩屏蔽起来，再加上视放输出级长时间连续工作在高频、高压、高温等恶劣条件下，因此视频集成电路是很容易损坏的，有时它表现出来的故障现象与电源、行扫描等电路有相似之处。而对于采用I^2C总线控制的新型彩显，当视频前置放大器的I^2C总线接口，因高压打火、高频干扰、静电以及带电热拔插等原因被损坏而导致总线保护时，更容易与它们所产生的故障现象相混淆，因此在检修中要善于综合分析、判断和检测。下面举几个维修实例来加以分析。

例1：NEC FE950型彩显，开机绿色指示灯一闪即灭，无光栅。

分析与检修：根据现象分析，故障应由一次电源或其负载有短路而引起保护。为了安全起见，先用电阻法在路测试一次电源的主要易损件，相关电路如图1所示。检查开关管Q601（2SK2655）及周围起保护作用的各元器件、电源控制IC621（FA13842）及其外围元器件，均未发现明显异常，再重点检查开关变压器T601次级绕组各路负载的对地阻抗，发现只有T601的14脚经L6E1、D6E1、C6E1后的80V视放电压端对地电阻为零，顺此找到视放电路尾板，它经过L722、LC721、L721、C723等滤波元器件后加到了视放输出IC721（LM2415T）的6脚（*Vcc*），由此说明该IC721电源端对地短路，但更换IC721后仍然无光栅，测量开关变压器T601次级各绕组电压，除15V为零外其余绕组都均正常，说明一次开关电源已起振。该机15V为行扫描推动级供电电源，经查从开关变压器T601的15脚出来的保险电阻R6F9、行推动管Q552（IRLS530A）、限流电阻R556均损坏，更换这几个元器件后，开机瞬间可听见高压发出的声音，但一会儿即消失，赶紧关机仔细检查，发现除保险电阻R6F9又开路外，扫描行推动管Q552、行输出管Q561（2SC5589）、二次电源开关管Q5G1（2SJ585）及周边元器件、高压形成行输出管Q5R1（2SK2645）均正常。仔细分析：为何15V供电的保险电阻R6F9再次开路且通电瞬间负责光栅扫描的行推动管Q552散热器非常烫手？该回路必有过流元器件，现在唯一值得怀疑的就是行推动变压器T551，

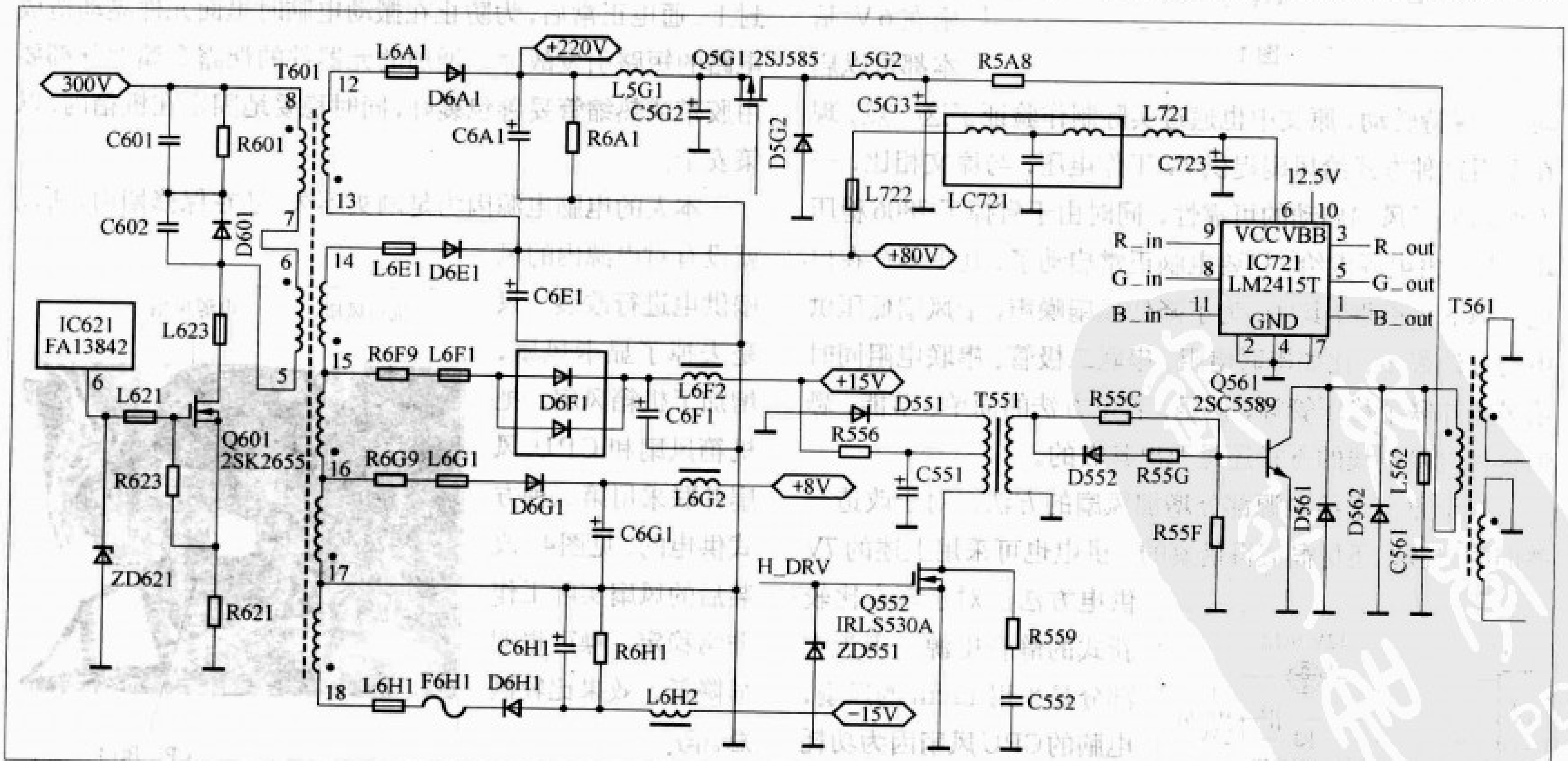


图1

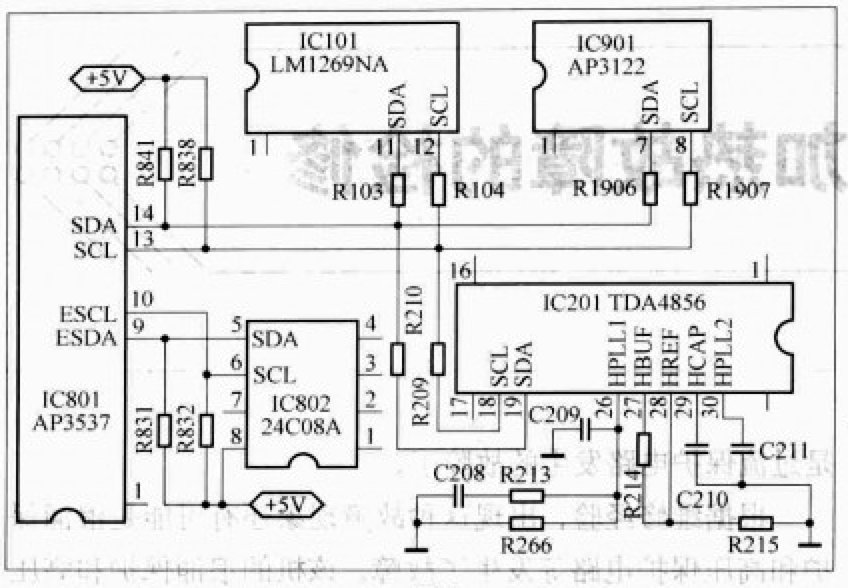


图 2

将其拆下并按照原来的绕组、线径和匝数重新绕制，再将损坏的保险电阻R6F9换掉，上机一切正常，故障排除（后来查阅相关资料得知，行推动变压器T551损坏是该机型包括NEC FE950、FE750的一个通病）。

例 2：BenQ G774 型彩显，开机无光栅。

分析与检修：该机为转修机，用户诉说最初的故障现象是：开机后绿色指示灯亮一会儿然后变为橙色，无光栅。根据情况分析，故障部位应在电源或行扫描电路。按常规方法先检查一次电源，发现保险管F601损坏、开关振荡管Q602（2SK2645）击穿、IC601（UC3842B）损坏，这显然是前修理者因维修不当人为造成的。此外，经查行输出管Q302（BU2520DX）也被击穿，其他易损电路的主要元器件未见异常，更换上述元器件后开机，仍然无光栅。经仔细观察发现开机后行扫描电路没有工作，问题应在行扫描电路的小信号处理部分，于是认真检查扫描电路IC201（TDA4856）的26、27、28、29、30等脚与行振荡有关的外围元器件，均未见异常，正准备更换IC201时，考虑到该芯片内部有I²C总线接口，它的18脚（SCL）、19脚（SDA）分别通过R209、R210与CPU IC801（AP3537）的SCL（13脚）、SDA（14脚）相连。当该总线出问题时，CPU便不能给IC201发出启动指令而使扫描电路不工作，这是采用I²C总线控制的新型彩显的一个重要特点，因此应重点检查该总线。由于I²C总线上挂接了多个IC器件，如图2所示，为了找到故障点，

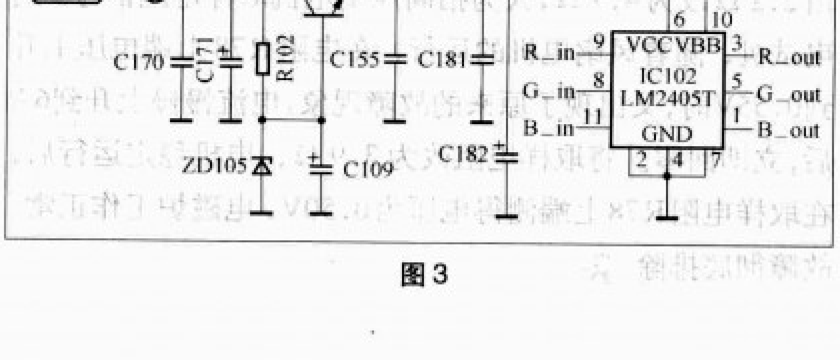


图 3

分别断开与I²C总线SCL（13脚）、SDA（14脚）相连的IC801各引脚试验，当断开视频电路尾板上的前置放大器IC101（LM1269NA）12脚（SCL）、11脚（SDA）时，开机可听见高压打火的声音，这说明行扫描电路已工作，而该视频前置放大器IC101的I²C总线接口可能因高压打火或其他因素的干扰被损坏，试更换一块LM1269NA，故障排除。

例 3：Acer 7276E 型彩显开机满屏白光栅，无图像。

分析与检修：该机无论接不接主机，均为满屏白光栅，这与彩电中TV/AV切换开关IC损坏时的故障现象很相似，但考虑到显示器的特殊性，决定检查视频放大电路，相关电路如图3所示。开机测得视频放大输出电路IC102（LM2405T）的6脚供电电压为0V（正常时为80V），顺着6脚往回查，发现Q102（TIP31C）击穿、保险电阻FR101开路，显然这是由过流造成的。在路测得IC102的6脚对地电阻为零，断定该集成块IC102电源脚对地短路，更换以上损坏的各元器件故障修复。该机是由于视放输出末级80V供电中断，使3个枪的阴极电压降低，从而出现满屏白光栅。

快修彩电三例

文/万举刚

例 1：一台 TCL1419 型彩电出现蓝屏。

分析可能是CPU未接收到识别信号，而认为无电视信号并静噪或高频头损坏而出现蓝屏。

打开机壳，发现电视机已被别人修过，CPU和LA7685集成块已更换过。于是认为CPU和LA7685是好的，根据现象判断高频头也是好的。测量CPU（LUKS-5140-M2）42脚电源电压，正常，测量同步信号36脚，无电压，顺着电路测Q006（2SC1815Y），正常。测量R048，一端有5V电压，而另一端无电压，经查发现电阻R048开路，更换R048电阻一切正常。

例2：一台TCL1419型彩电出现三无，烧保险丝管。

根据图纸分析可能是整流二极管、滤波电容和电源调整管损坏。打开机壳测量，发现电源调整管Q801（2SD1545）损坏，更换后一切正常。

例3：一台TCL1419型彩电出现三无，电源"吱吱"叫。

打开机壳，测量112V输出电压只有75V，18V电压输出正常。断开负载，测量112V输出电压还是75V，由此判断是电源部分出了故障。测量周围元器件都正常，当更换112V输出滤波电容C827（100μF/160V）后，112V输出正常，经检查电容C827已经没有容量。

格兰仕电磁炉不加热故障的检修

文 / 杨舟成 居炳国

广东顺德格兰仕微波炉电器有限公司生产的易厨C16A型电磁炉，开机蜂鸣器有“嘀嘀”报警声，一号定时灯闪烁，但不加热。

分析： 根据维修经验，通电有蜂鸣声不加热一般是同步电路、检锅电路等故障。电磁炉出现这类故障时，可以直接通电放锅观察电流表变化情况，无需走灯观察。因为根据故障现象，单片机控制电路、+5V、+12V等直流电源电路以及各种保护电路等应均为正常，否则不会出现正常报警现象。

检修： 整机原理图见附图，先进行常规检查，将同步电路几只功率取样电阻R203、R204、R217、R218焊下测量，阻值均正常，说明故障不在同步电路。进一步检查振荡电路元件R23、R33、R41、C10、Q2（C8550），上述元件也均正常。接着测量驱动电路元件以及功率管IGBT，亦均正常。故障检修到这一步，就需要通电进行检查各关键点的电压情况了。

先将电磁炉直接通电，各按键操作、显示均正常，维持大约1秒钟，1号定时灯开始闪烁，同时蜂鸣器也开始发出“嘀嘀”的报警声响。接着放锅观察，发现电流表能慢慢上升，大约升到4A时，电流表突然回零，间隔约1秒钟后又重复上述现象，电流表经两次摆动后，CPU自动发出关机信号。

根据维修经验，电磁炉带锅时，若电流表指针能在小幅度范围内较快速地摆动，一般故障在检锅电路。若电流表能慢慢上升到较大幅度，并立刻回零，一般故障发生在过流保护电路。

根据这种现象，首先检查过流保护回路元件，测得R215阻值为1.5kΩ，属正常。继续测量R2、R4、VR1，阻值也均正常。因这台电磁炉被别人检修过，怀疑功率调整电位器被前一维修者调节过，于是试着调节VR1，电流能达到6A，但故障依旧，仍然不能正常加热。电流可调，说明功率调节电路正常，因为该机功率为1600W，额定电流应在7.5A左右，并没有超过额定电流，检查其他过流保护元件，均正常，唯一可能损坏的就剩集成电路LM324了。试着更换LM324，故障仍然没有排除。至此，可以彻底排除是过流保护电路发生的故障了。

根据维修经验，出现这种故障现象还有可能是浪涌保护和高压保护电路等发生了故障。该机的浪涌保护和高压保护电路经过取样后，通过电压比较器U2（LM339），经D7来拉低PWM电压而实现保护的。为了证明判断正确，直接将D7从电路上挑开，再次通电试机，故障依旧。维修一时陷入了困境。到底是哪一保护电路在起控呢？后来，经仔细检查，发现该机还有风扇电机工作情况监控信号电路。该电路的原理是，在风扇电机驱动三极管Q5的发射极与电源负极之间串接一只取样电阻R78（2.2Ω）。当风扇电机正常运行时，在R78的上端获得一个电压信号送入单片机的2脚，单片机根据电压的高低，判断风扇电机是否运行，以及运行是否正常。当风扇电机因故停转，在电阻R78的上端无电压信号，单片机判断为不正常，就会自动从1脚送出关机信号（高电平）。该信号经D24、R95，使Q8导通，将PWM信号对地短路，以防止整机因过热而损坏。当风扇电机因故堵转或电流异常增大时，在电阻R78上端产生的信号电压就会上升，单片机检测到该电压后，也会立即发出关机信号。但该机风扇运行正常，对风扇电机取样电路元件电阻R78及C27、ZD7进行检测，均正常。通电测取样电阻R78上端电位，在静态时为0V，当风扇电机刚开始运行时，该点电压为0.45V，电磁炉工作电流能慢慢上升。当风扇电机运行后，该点电压下降为0.29V，电流表立即回零。难道是风扇电机本身发生了问题？试着更换一个好的风扇电机，通电试机，工作正常，再测电阻R78上端电压由刚开始的0.55V降为0.49V，电磁炉正常工作。说明风扇电机本身参数发生了变化，使得取样电压偏低，导致单片机误判为风扇电机工作异常。为了证明是风扇电机参数发生了变化，根据取样原理，笔者将原取样电阻阻值由2.2Ω改为4.7Ω，人为抬高风扇电机取样电压信号。通电试机，随着风扇电机的运行，在电阻R78上端电压上升到0.55V时，又出现了原来的故障现象，电流慢慢上升到6A后，立即回零。将取样电阻改为3.9Ω，电机稳定运行后，在取样电阻R78上端测得电压为0.50V，电磁炉工作正常，故障彻底排除。

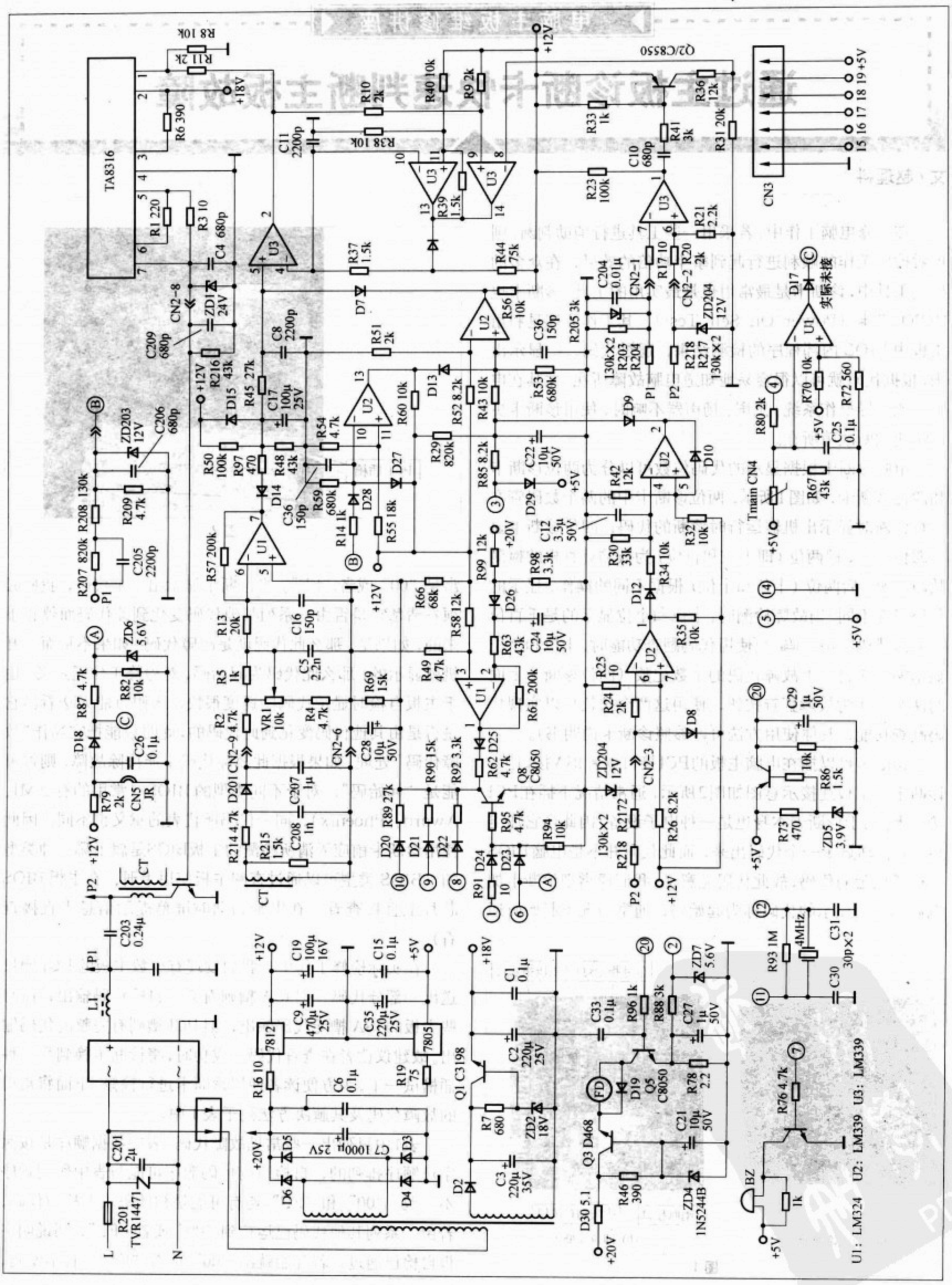

TA8316
R8 10k
R11 2k
R6 390
R1 220
R3 10
C4 680p
+18V
+12V
Q2/C8550
CN3
15 16 17 18 19 +5V
R10 2k
R38 10k
C11 2200p
R40 10k
R9 2k
R39 1.5k
R37 1.5k
R33 1k
R41 3k
R36 12k
R31 20k
C10 680p
R23 100k
R21 2.2k
R17 10
R20 2k
CN2-1
CN2-2
ZD204 12V
C204 0.01μ
R205 3k
130k×2 R203 R204
R218 R217 130k×2
D17
实际未接
R70 10k
R72 560
R80 2k
C25 0.1μ
R67 43k
Tmain CN4
CN2-8
ZD1 24V
C209 680p
R216 43k
D15
R45 27k
C8 2200p
C17 100μ 25V
D7
R51 2k
R44 75k
R56 10k
C36 150p
R53 680k
R60 10k
D13
R52 8.2k
R43 10k
R29 820k
R85 8.2k
C22 10μ 50V
D29
D9
D10
R42 12k
C12 3.3μ 50V
R32 10k
R30 33k
R34 10k
D12
R35 10k
R25 10
R24 2k
D8
CN2-3
R2172
R26 8.2k
R218
ZD203 12V
C206 680p
R208 130k
R209 4.7k
R207 820k
C205 2200p
ZD6 5.6V
R87 4.7k
R82 10k
D18
C26 0.1μ
R79 2k
CN5 JR
CT
C203 0.24μ
L1
C201 2μ
R201
TVR14471
R50 100k
R97 470
R48 43k
R54 4.7k
D14
C36 150p
R59 680k
D28
R14 1k
D27
R55 18k
R57 200k
R13 20k
C16 150p
R5 1k
C5 2.2n
VR1 10k
R4 4.7k
R69 15k
R2 4.7k
CN2-9
CN2-6
C28 10μ 50V
D201
C207 1μ
R214 4.7k
R215 1.5k
C208 1n
R66 68k
R58 12k
R49 4.7k
R99 12k
R98 3.3k
D26
R63 43k
C24 10μ 50V
R61 200k
D25
R62 4.7k
Q8 C8050
R89 27k
R90 15k
R92 3.3k
R95 4.7k
R94 10k
D20 D21 D22 D24 D23
R91 10
C19 100μ 16V
C15 0.1μ
C9 470μ 25V
C35 220μ 25V
7812
7805
R16 10
R19 75
C6 0.1μ
C7 1000μ 25V
D5 D3 D6 D4
+20V
+5V
Q1 C3198
C1 0.1μ
C2 220μ 25V
R7 680
ZD2 18V
C3 220μ 35V
D2
C33 0.1μ
R96 1k
R88 3k
ZD7 5.6V
C27 1μ 50V
FD
D19
Q5 C8050
R78 2.2
C21 10μ 50V
Q3 D468
R46 390
ZD4 1N5244B
D30 5.1
C29 1μ 50V
R86 1.5k
R73 470
ZD5 3.9V
R93 1M
4MHz
C31 30p×2
C30
R76 4.7k
BZ
1k
U1: LM324 U2: LM339 U3: LM339
L N P1 P2

图1

电脑主板维修讲座

通过主板诊断卡快速判断主板故障

文 / 赵理科

在维修电脑工作中，若采用一些工具进行辅助判断，则可对检修工作的顺利进行起到事半功倍的效果，在众多的检测工具中，诊断卡是最常用也是最实用的工具。诊断卡也叫POST卡（Power On Self Test），其工作原理是利用主板中BIOS内部程序的检测结果，通过代码一一显示出来，根据代码就可以很容易地知道电脑故障所在。尤其在电脑不能引导操作系统、黑屏、扬声器不响时，使用诊断卡更能快速判断故障所在。

电脑诊断卡根据显示的代码位数可以分为两位诊断卡和四位诊断卡，如图1所示。两位诊断卡中的两个数码管在进行诊断时显示出机器运行时诊断的代码；四位诊断卡显示四位代码，前两位（即千位和百位）为被测计算机的检测故障代码；后两位（十位和个位）根据不同的操作，显示的代码意义不同。当故障检测时，十位和个位显示的是千百位上故障代码的前一码；当使用代码翻查功能时，十位和个位显示的是千百位上故障代码的个数记数（四位诊断卡上面的两个按钮为故障翻查按钮，使用这两个按钮可以实现代码翻查功能，具体使用方法可以参照诊断卡说明书）。

诊断卡可以插在电脑主板的PCI接口或者ISA接口上，诊断卡与主板连接示意图如图2所示，通常情况下插在PCI接口上。由于诊断卡本身也是一种电子设备，因此当它加电后，会自动显示一个代码出来．而此代码并不是电脑BIOS自检所显示的代码．故此代码无意义。我们通常把诊断卡加电后第一次显示的代码称为起始码，通常情况下起始码通常是“00”或者“FF”。当诊断卡显示出一个代码，我们必须看清楚它是否由一系列其他代码变化到此代码而停止下来的，如果是，那么此代码就是故障代码；如果不是而一开机就显示的，那么此代码为起始码，对检修工作无意义。由于主板自检时显示代码的速度很快，人眼可能无法看出它是否是由其他代码变化到此代码的，此时只能把它当作“故障代码”处理。如果根据此故障代码不能排除故障，则很可能是“起始码”。对于不同类型的BIOS（常用的有AMI、Award、Phoenix），同一代码所代表的意义也不同，因此使用诊断卡前应弄清所检测的主板BIOS是属于哪一种类型的（BIOS类型可以通过查阅主板使用手册、在主板BIOS芯片上直接查看、在电脑启动时屏幕提示信息中直接查看）。

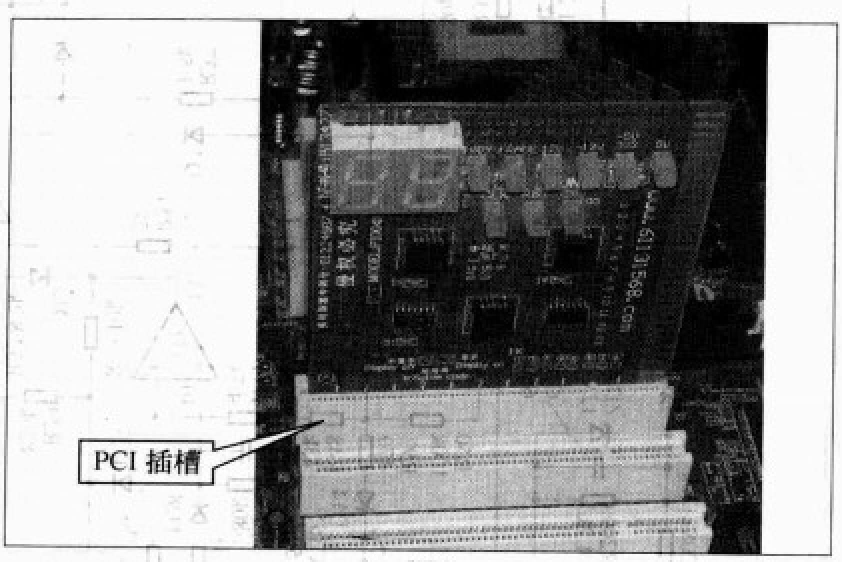
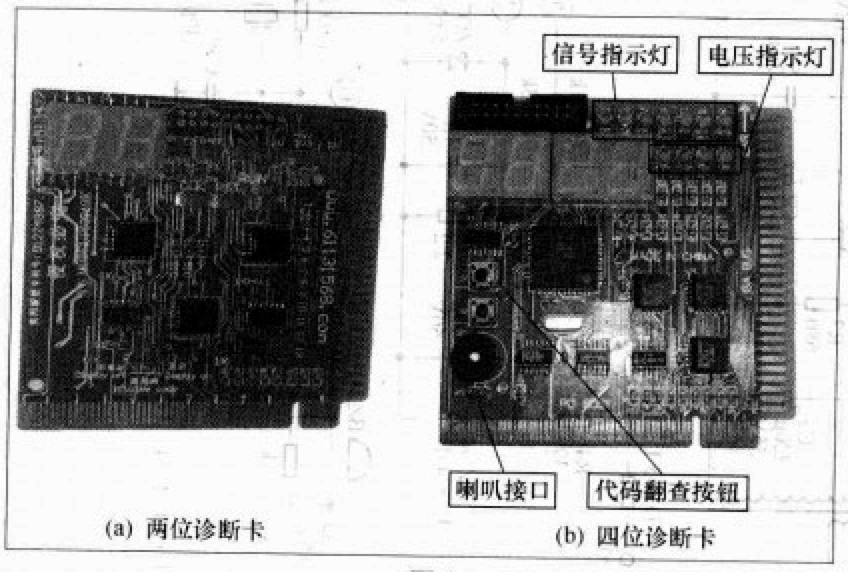


图2



(a) 两位诊断卡　(b) 四位诊断卡

图1

在实际检修工作中，我们发现有少数主板的PCI槽只送出一部分代码，但ISA槽则有完整自检代码输出；而有些主板的ISA槽无代码输出，但PCI槽则有完整的代码输出。故建议读者在查看代码不成功时，将诊断卡换到另一种插槽试一下。为方便读者使用诊断卡进行检修，下面将常用的故障代码及其解决方法列于表1中。

表1中只列出一些常见故障代码，表中数据顺序是按照字母顺序排列的，自检时的代码顺序可能与表中所列顺序不一致。“00”和“FF”均有可能是初始码或者故障代码，若由一系列其他代码已运行到“00”或者“FF”，则说明主板自检已通过；若开始就出“00”或者“FF”，且不变码，

表1 常用的故障代码及其解决方法

	Award BIOS		AMI BIOS		Phoenix/Tandy3000 BIOS	
	代码含义	解决方法	代码含义	解决方法	代码含义	解决方法
00	初始码或者OK代码		初始码或者OK代码		初始码或者OK代码	
01	处理器测试1，处理器状态核实	检查CPU频率跳线或CPU设置并试换CPU	处理器寄存器的测试即将开始	检查CPU频率跳线或CPU设置并试换CPU	CPU寄存器测试正在进行或者失灵	检查CPU频率跳线或CPU设置并试换CPU
02	键盘缓冲器	检查主板上的键盘相关电路及键盘本身	使用非屏蔽中断，通过延迟开始	查电脑主板CPU外围电路和CPU	CMOS写入／读出正在进行或者失灵	检查电脑主板电池
04	使8042键盘控制器复位	检查电脑主板中键盘接口电路	键盘控制器复位／通电测试	查电脑主板中关于键盘部分的电路	可编程间隔计时器的测试正在进行或失灵	检查电脑主板中与定时器相关的电路
08	使CMOS计时器作初始准备，正常更新计时器的循环	查电脑主板中CMOS电路及外围芯片	已向键盘发出BAT命令，即将写入BAT命令	查电脑主板键盘控制电路及键盘本身	RAM更新检验正在进行或失灵	查主板的内存接口电路及内存槽和内存条本身
09	EPROM检查总和且必须等于零才通过	查电脑主板的BIOS电路及芯片	核实键盘的基本保证测试，核实键盘命令字节	查主板的键盘插座并试换键盘	第一个64K RAM测试正在进行	查主板的内存接口电路及内存槽和内存条本身
0A	使视频接口作初始准备	检查与显卡有关的电路	发出键盘命令字节代码	试换键盘	第一个64K RAM芯片或数据线失灵，移位	检查主板内存电路以及内存条本身
0B	测试8254芯片的DMA通道0	查主板中的键盘控制电路及键盘	写入键盘控制器命令字节	查键盘控制器电路	第一个64K RAM的奇／偶逻辑失灵	检查主板内存电路以及内存条本身或者显卡
0E	测试CMOS停机字节	查电脑主板中CMOS芯片及外围电路	CMOS状态寄存器读／写测试	查主板CMOS芯片及外围电路和主板电池	初始化输入输出端口地址	查主板中与I／O相关的芯片及其外围电路
10	测试DMA通道0	查主板中DMA芯片及外围电路	CMOS状态寄存器即将为日期和时间作初始准备	查主板中的CMOS控制电路	第一个64K RAM第0位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
13	测试8741键盘控制器接口	查主板中的键盘接口电路	视频显示器已停用	查显卡中控制芯片、显存芯片及其外围电路	第一个64K RAM第3位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
17	调准视频输入／输出工作，若装有视频BIOS则启用	查显卡及主板中与显卡有关的控制电路	第1通道计时器测试结束，8254第0通道计时器即将完成测试	查电脑主板中计时器电路	第一个64K RAM第7位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
18	测试视频存储器	查显卡中的BIOS芯片及其周围电路	第0通道计时器测试结束，即将开始更新存储器	查主板中内存控制、内存插槽以及内存条本身	第一个64K RAM第8位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
1A	测试第2通道的中断控制器（8259）屏蔽位	检查主板中的8259芯片	正在触发存储器更新线路，即将检查15μs通／断时间	查主板中内存控制、内存插槽以及内存条本身	第一个64K RAM第10位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
1B	测试CMOS电池电平	查主板中电池是否有电，可更换一块新电池试试	完成存储器更新时间30μs测试	查主板中内存控制、内存插槽以及内存条本身	第一个64K RAM第11位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
1C	测试CMOS检查总和	查主板中CMOS芯片及其电路			第一个64K RAM第12位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
1D	调定CMOS的配置	查主板中CMOS芯片			第一个64K RAM第13位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
1E	测定系统存储器的大小，并且把它和CMOS值比较	查主板中的CMOS电路及主板中的内存电路及内存本身			第一个64K RAM第14位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
1F	测试64K存储器至最高640K	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身			第一个64K RAM第15位故障	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
20	测量固定的8259中断位	查主板中8259芯片及周边电路	开始基本的64K存储器测试，即将测试地址线	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身	从属DMA寄存器测试正在进行或失灵	查主板中的DMA芯片及其支持电路
24	测定1Mb以上的扩展存储器	查主板中的内存插槽以及内存条本身	矢量初始化之前的任何调节完成	查主板中断控制器电路	设置ES段地址寄存器注册表到内存高端	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身
25	测试除头一个64K之后的所有存储器	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身，然后再排查显卡及其相关电路	完成中断矢量初始准备	查电脑主板中8042芯片及其外围电路	装入中断矢量正在进行或失灵	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身，BIOS程序出错也可能会出现该代码
26	测试保护方式的例外情况	查CPU及主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身／显卡	读写8042的输入／输出端口	查电脑主板中的8042芯片及其外围电路	开启A20地址线使之参入寻址	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身、显卡
27	测定超高速缓冲存储器的控制或屏蔽RAM	查主板中的Cache控制电路及内存条	全1数据初始准备结束，将进行中断矢量之后的任何初始准备	查电脑主板中断控制器部分	键盘控制器测试正在进行或失灵	查主板中的键盘接口电路
28	测定超高速缓冲存储器的控制	查电脑主板Cache控制及电脑主板中键盘控制电路	完成中断矢量之后的初始准备，将调定单色方式	查显卡及其接口电路	CMOS电源故障／检查总和计算正在进行	查电脑主板中CMOS芯片及主板供电电路，可试换电源
2A	使键盘控制器作初始准备	查主板中的键盘控制器电路	已调定彩色方式，即将进行ROM测试前的触发奇偶性	查显卡BIOS及主板上的相关电路	置空64k基本内存	查主板内存插槽以及内存条本身或者显卡电路
2B	使软盘驱动器和控制器作初始准备	查电脑主板中的软驱控制电路及软驱本身	触发奇偶性结束，将控制任选的视频ROM检查前的任何调节	查显卡ROM及其周边电路	屏幕存储器测试正在进行或者失灵。	查主板或显卡中的显存接口电路及显存芯片
2C	检查串行端口，并使之作初始准备	查主板中的串口控制电路	完成视频ROM控制之前的处理，将检查任选的视频ROM	查显卡ROM芯片及相关电路	屏幕初始准备正在进行或失灵	查显卡接口电路
30	建立基本内存和扩展内存	查主板中内存控制电路、内存插槽以及内存条本身	通过显示器存储读／写测试，即将进行扫描检查	查显卡接口电路	认为屏幕是可以工作的	基本正常
38			完成显示通电信息，即将读出新的游标位置	试换显卡	RAM测试正在进行或者地址故障	查主板内存插槽以及内存条本身
41		检查显卡				检查显卡
4E	检测到有错误，在显示器上显示错误信息，并等待客户按"F1"键继续	属非致命性故障，请根据屏幕提示排错	开始存储器的测试，即将显示第一个64K存储器的测试	检查内存	显示版权信息	查主板或显卡的芯片电路
52	所有ISA只读存储器ROM进行初始化，最终给PCI分配IRQ号等初始化工作	查主板或扩展卡中的ROM芯片及其外围电路	已完成1Mb以上的存储器测试，即将准备回到实址方式	查主板中内存控制电路及内存条	进入键盘检测	查主板的键盘接口电路或试更换键盘

续表1 常用的故障代码及其解决方法

	Award BIOS		AMI BIOS		Phoenix/Tandy3000 BIOS	
	代码含义	解决方法	代码含义	解决方法	代码含义	解决方法
53	如果不是即插即用BIOS，则初始化串口、并口和设置时钟值。	查电脑主板中的串、并口的接口电路及CMOS的相关电路	保存CPU寄存器和存储器的大小，将进入实址方式	查主板上的内存控制电路及内存条		
60	设置硬盘引导扇区病毒保护功能	检查硬盘的引导扇区是否正常	通过DMA页面寄存器的测试，即将检验视频存储器	查显卡中的显存	测试扩展内存	查主板上的内存控制电路及内存条
80			键盘测试开始，正在清除和检查有没有键卡住，即将使键盘复原	查主板中键盘接口与键盘	关闭可编程输入／输出设备	查主板I/O控制电路部分
81			即将发出键盘控制端口的测试命令	查电脑主板中键盘控制电路及键盘		
82			键盘控制器接口测试结束，即将写入命令字节和使循环缓冲器作初始准备	查电脑主板中键盘接口及键盘。		
84			已检查是否有锁住的键，检查存储器是否与CMOS失配	检查主板内存控制电路以及内存条和主板CMOS部分电路	检测并口电路	查主板的并口控制电路
A5			存储器等候状态制定完毕，接着将清除屏幕	检查显卡		
C0	初始化高速缓存	查电脑主板的CPU供电部分电路				检查CPU插座是否虚焊或者BIOS数据是否错误(重新刷BIOS)
C1	内存自检	查主板的内存控制电路、内存插槽及内存条			查找引导扇区中的"55、AA"标记	检查内存电路或者BIOS数据是否错误(重新刷BIOS)
C2	试写内存的开头512K字节	查主板的内存控制电路、内存插槽及内存条				
C3	第一个256K内存测试	查主板的内存控制电路、内存插槽及内存条				查主板的内存控制电路、内存插槽及内存条
C4	基本内存除前256K以外的测试	查主板的内存控制电路、内存插槽及内存条				
C5	从ROM内复制BIOS进行快速自检	查主板的BIOS ROM芯片和内存控制电路及内存条				
C6	高速缓存自检	查电脑主板的BIOS控制电路及内存插槽和内存条				
CF		检查CPU插座是否虚焊或者BIOS数据是否错误(重新刷BIOS)		检查CPU插座是否虚焊或者BIOS数据是否错误(重新刷BIOS)		检查CPU插座是否虚焊或者BIOS数据是否错误(重新刷BIOS)
D3	基本内存测试	查主板内存插槽及内存条，可将内存条反复插拔几次试试				检查内存电路或者BIOS数据是否错误(重新刷BIOS)
DD		检查PCI总线/I/O芯片、时钟、南桥				检查PCI总线/I/O芯片、时钟、南桥
EE	处理器意料不到的例外情况			查电源、扩展卡、内存条等部件与电脑主板之间是否接触不良		
FF	初始码或者OK代码		初始码或者OK代码		初始码或者OK代码	

表2 各种指示灯的亮灭代表的信息

灯名	信号名称	状 态 说 明
RUN	主板运行	若主板能运行指令，此灯会闪亮，若主板没有运行则不亮
CLK	总线时钟	不论台式电脑的ISA、PCI或笔记本电脑的MinPCI只要一块空板（无CPU等）接通电源就应常亮，否则CLK信号坏
BIOS	基本输入输出	当诊断卡插在ISA总线槽上时，主板运行时对BIOS有读操作时就闪亮
IRDY	主设备准备好	当诊断卡插在PCI总线槽上时，有IRDY信号时才闪亮，否则不亮
OSC	振荡	是ISA插槽的主振信号，空板通电则应常亮，否则为主板的晶体振荡电路不工作（无OSC信号输出）
FRAME	帧周期	PCI槽或MiniPCI槽有循环帧信号时灯才闪亮，平时常亮
RST	复位 RESET	开机或按了RESET开关后亮半秒钟熄灭属正常，若不灭常因主板上的复位插针错接或短路或复位电路坏
12V	电源	空板上电即应常亮，否则无此电压或主板有短路
5V	电源	空板上电即应常亮，否则无此电压或主板有短路
−5V	电源	空板上电即应常亮，否则无此电压或主板有短路（只有ISA槽才有此电压）
3V3	电源	这是台式电脑的PCI和笔记本的MiniPCI槽特有的3.3V电压，空板上电即应常亮，有些主板的PCI槽无3.3V电压，则不亮

则为主板没有运行，此时可以查CPU是否损坏、CPU跳线是否正常、CPU设置是否正确、电源是否正常、电脑主板电池是否正常。当出现“C 1”、“C 3”、“C 6”、“0 d”代码时有90%以上的可能是在内存及内存控制电路的故障。当代码为“C 1”时，故障情况又分两种：①蜂鸣器会发出“嘀嘀”的响声。这种故障一般要从下面几个方面去检查：确认BIOS芯片以及BIOS数据是否正常，内存的工作电压、参考电压、时钟信号、到北桥芯片的数据线、控制线是否正常；内存插槽连接到南桥芯片的SMBDATA，SMBCLK这两个信号是否正常，北桥芯片的供电电压是否正常；若以上几点都正常，则更换北桥芯片一般即可解决问题。②蜂鸣器没有发出响声。这时应该着重检查下面的部分：确认

阅读提示： 电脑不启动，原因很多，如CPU、主板、硬盘等大硬件有问题，但也不能忽略小硬件，比如面板开关。

前面板开关不良造成电脑不启动

文/陈文启

一台神州家和2000C（HG058）型电脑，开机不启动，显示器出现黑屏。打开机箱，发现在开机时，CPU风扇转动，但不能发出“嘀”声，用替代法更换CPU，无效；测得电源电压正常；怀疑主板有问题，将测试卡插在主板PCI插槽上，开机，发现测试卡的RESET指示灯常亮不灭，说明主板总在重启状态。关机后拔下RESET前面板连线，开机一切正常。用万用表测量RESET开关，发现其电阻在500Ω～700Ω之间，正常时不按下开关，阻值为∞，按下开关阻值为0Ω，说明此开关因受环境影响而漏电。更换RESET面板开关，电脑一切正常。

一台清华同方超越2000/P3667型电脑，插电源就启动，但5秒钟就自动关机，屡次试验都如此。打开机箱，里面灰尘太多，还挂上了蜘蛛网，除尘后发现，在启动时CPU风扇转动，和正常时一样，怀疑主板BIOS有问题，但用好主板的BIOS代换后故障依旧。拔下前面板的POWER连线，用镊子短路主板POWER插针，电脑启动、进入操作系统都很正常。用万用表测量POWER开关，不按下开关时，阻值在1kΩ左右，正常阻值应为∞，更换新开关后，一切正常。

我们学校有电脑700多台，类似这样的故障已有30多例，经试验发现，RESET开关的阻值小于1kΩ，电脑不启动，不自检；POWER开关阻值小于2.2kΩ时，电脑出现自动关机现象。

总结：电脑启动不正常时，若怀疑前面板开关是否有问题，可先将RESET、POWER开关与主板的连线拔掉，需要进行有关操作时，用镊子短路即可。

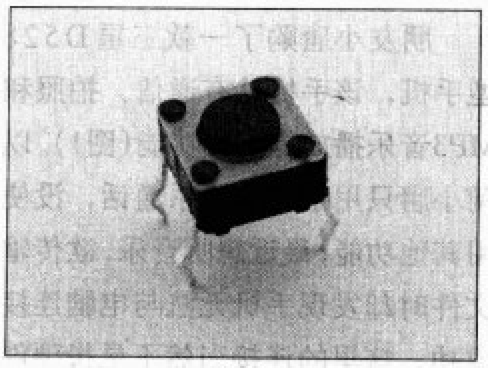


图1

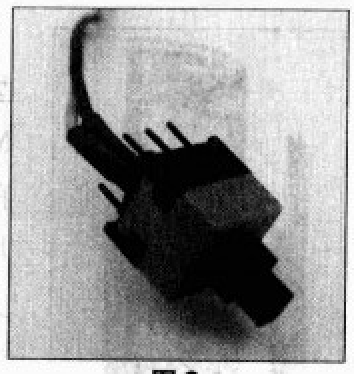


图2

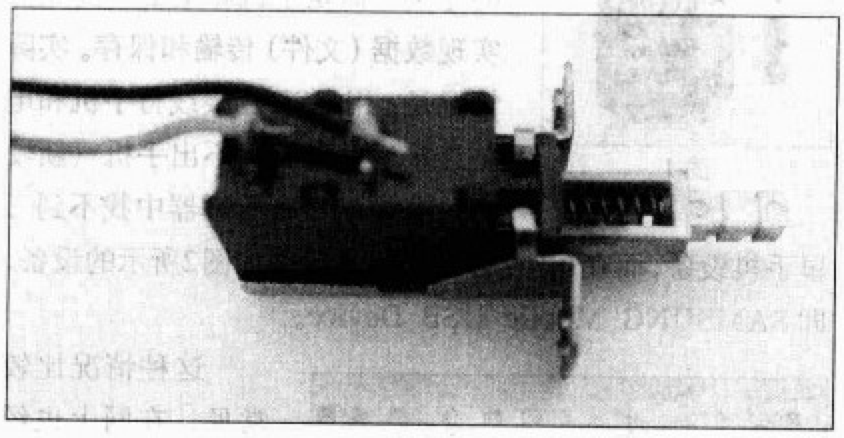


图3

一般说来，电脑前面板开关有三种形式，如图1、图2、图3所示。其中图1和图2为轻触开关或称触动开关，它们体积小，里边的接触点之间距离近，接触面积小，长期在潮湿、灰尘、烟雾等恶劣环境中，容易漏电和触点氧化，故障率较高。图3为推拉开关，它的体积大，触点大、距离远、顿挫感强、接触良好、经久耐用、不易出故障。

BIOS芯片以及BIOS数据是否正常；内存插槽连接到南桥芯片的S M B D A T A，S M B C L K这两个信号是否正常。

另外在诊断卡显示到“26”后观察键盘三个指示灯的变化，如果显示到“26”后闪亮一下，说明没有自检到显卡或者自检到显卡后，显卡损坏无显示；如果显示到“26”后键盘灯无变化，说明系统停在显卡检测，此时可以重新插拔一下显卡试试看，如果不行那就是显卡或者主板有故障。

当诊断卡出现C1-06-0D-41或者D3-D6-EC-ED循环跳变时，通常是BIOS数据出错或者BIOS芯片及其外围电路损坏所致，此时可以重新刷新BIOS数据或者检修BIOS电路来解决故障。当诊断卡出现06-C1或者C1-07循环跳变时，通常是键盘错误引起，此时可以检查键盘接口或者试着更换I/O芯片来排除故障。当诊断卡出现AD-90循环跳变时，故障一般是内存条或者主板上的内存控制电路所致。诊断卡上不但有用来指示故障代码的数码管，还有用来指示电源电压以及信号的指示灯，当插在PCI总线槽上时，电源指示灯组为12V、-12V、3.3V、5V；信号指示灯组为IRDY、FRAME、CLK、RST、RUN。当插在ISA总线槽上时，电源指示灯组为12V、-12V、-5V、5V；信号指示灯组为BIOS、OSC、CLK、RST、RUN。各种指示灯的亮灭代表的信息如表2所示。

手机与电脑怎样才能连接成功?

文/王德沅

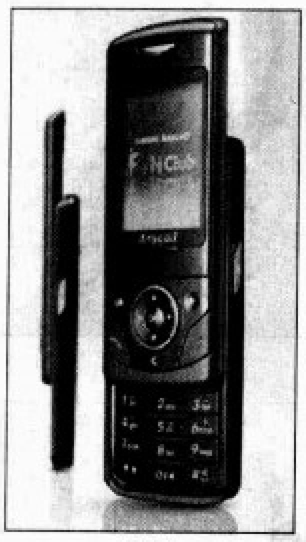


图1

朋友小唐购了一款三星D528型手机，该手机具有通信、拍照和MP3音乐播放等多种功能(图1)。以前小唐只用手机来联系通话，没使用其他功能，最近想听音乐，欲传输文件时却发现手机无法与电脑连接成功。这里的连接当然不是指硬件的连接，而是手机和电脑之间无法实现数据（文件）传输和保存。实际情况是：用USB连接线将手机和电脑连接后，电脑认不出手机（新硬件），在电脑设备管理器中找不到三星手机设备，而在正常情况下，应该出现如图2所示的设备，即SAMSUNG Mobile USB Device。

图2

这种情况比较常见，在网上也经常看到有人提出类似问题。有的用户往往还会以使用其他手机或MP3播放器的经验为参照，到处寻找驱动程序或检查连接线路和电脑等问题，但是大多花了不少时间还没解决，不小心还会弄坏手机、连接线或电脑等，着实令人烦恼。其实这类手机需要另外安装专用的手机管理软件才能实行手机和电脑之间的数据（文件）传输、保存。三星D528型手机所用的是SAMSUNG PC STUDIO，这个软件需要从三星网站上下载，只要登陆三星网站，查找对应你手机型号的SAMSUNG PC STUDIO（Samsung_PC_Studio_311_FKB.exe或Samsung_PC_Studio_312_GI2.exe，对应D528型手机）下载就可（网址：http://www.samsung.com/cn/support/download/supportDownMain.do）。

图3

下载完毕，打开Samsung_PC_Studio_311_FKB.exe软件，按照软件提示，化几分钟到十几分钟就能安装完毕。然后打开SAMSUNG PC STUDIO软件，就出现如图3所示软件窗口（界面）。此时如果没连接手机，窗口右下方会提示“未连接”字样，倘若已经连接好手机，则提示“已连接”(见图3右下方)。手机和电脑连接好后，在软件窗口的8个选项中选择自己所需

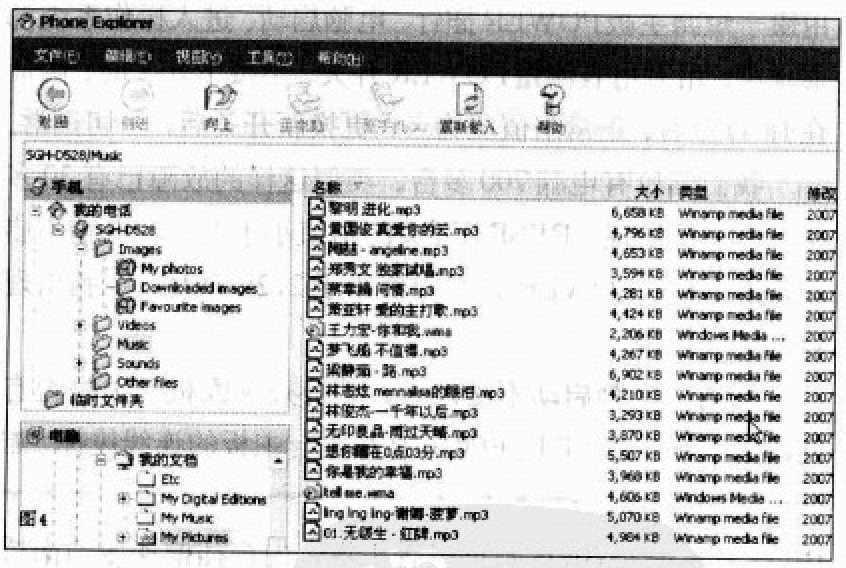


图4

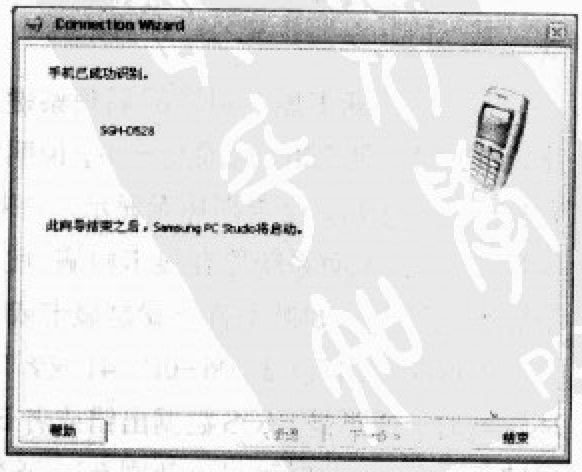


图5

行管也能时好时坏

文/曲 静

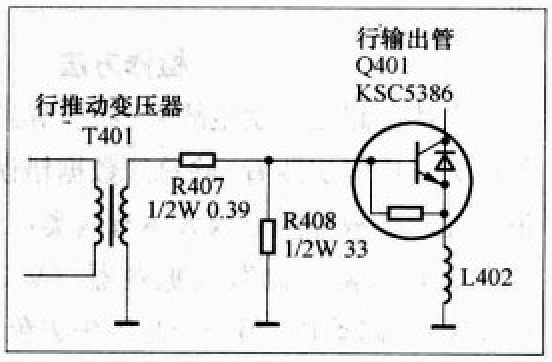
一台北京2122Q型彩电（解码块为TDA8841，属15A机芯），用户反映，不定时突然出现“三无”现象，像遥控关机一样，但不能再次启动。有时停机半天，开机又能正常看好几个小时，有时连续几天都无法开机，有时连续几天又都不出故障，无规律可言。

检修：发现线路板被别人补焊得很糟糕，仔细地把怀疑的地方进行重新补焊（从行推动级到行输出变压器间的元器件，包括TDA8841）。通电，电源指示灯按规律地闪动，这说明微处理器已发出开机指令，但整机仍“三无”，测量行推动管基极电压，随着指示灯的闪动，在0V～0.5V间跳动，过了一会儿，指示灯灭了，电压也不跳变了。这说明整机无法启动，只得进入待机状态。遥控开机，电源指示灯又闪动，重复刚才的一幕。这时发现行输出管（简称“行管”）发射极焊盘有细小的裂纹，该机行管未装散热片，易开焊，没有仔细看裂纹如何，就果断地把三个电极都补焊，一通电，果然一切正常，就交付用户使用。

第二天，用户把电视机又送来了，说当天没出故障，但第二天早晨却无法启动，还说其实该故障有一年了，曾经找两个维修工修过多次，都没去根。笔者怀疑轻触按键漏电而无法开机，换新的也无效，换4.43MHz晶振（注：该机芯即使无4.43MHz晶振也能出现光栅）和行推动管也没用。由于行推动管基极有跳变的电压，该电压能否加到行管基极呢？用数字万用表测行管基极电压，尽管是毫伏级的，但仍可观察到是跳变的。难道行管不良，回想自己修过的北京牌采用TDA884X系列芯片的彩电，行管损坏的不少，干脆换换试试，用2SD1651替换，一开机光栅出现了。

用万用表测换下来的KSC5386，其发射结的电阻似乎还正常，正欲读出具体的数值，却不小心掉到地上了，拾起来重测，竟然发射结和集电结都开路，反复测量都是这样，把KSC5386摔到地上几次，再测量，有时该管是好的，有时是坏的，不良时，用烙铁加热，它又能逐渐变正常；正常时加热又能变坏。证明，该管确实不良，由于该管时好时坏（震动或受热都有可能变正常），致使3位维修工，历时一年多都走虚焊的弯路。

由于手边没有KSC5386，所以决定用现有的管子进行代换。换上的2SD1651（5A、60W，b、e极之间电阻为56Ω），过热，以前的做法是加散热片，难道不加不行？换为电流或瓦数大的带阻尼行管，如2SD1428(6A、80W，b、e极之间电阻为40Ω)、2SC5296(8A、60W，b、e极之间电阻为72Ω)、2SD2553(8A、50W，b、e极之间电阻为40Ω)也都不同程度的过热．最后换上一种显示器用的带阻尼行管BUH515D（b、e极间电阻为25Ω，8A、50W）温度终于降下来了，看来北京牌TDA884X机芯彩电，行管的替换的确有讲究。行管的温升应与电源管差不多，甚至更低，绝对不应该高于场集成块，否则应考虑行管是“过激励”或“欠激励”（前提是其他电路没有故障）。对于像本机行扫描电路（见附图），采用带阻尼的行管，行管的选型就应慎重。若没有多种型号的行管供选择，可把R408撤走，用100Ω可调电阻接于行管b、e极间，边调电阻，边监测行输出级电流与行管的温升，二者最低时的电阻值为合适，换为固定电阻代替R408即可。



的项目，点击后就可打开相应的管理工具。例如：需要传输音乐文件，就点击“传输文件”，打开该管理工具，出现如图4所示的界面，此时就可使用拖放或复制、粘贴方式，将音乐等文件在手机和电脑间传输和保存。

第一次将手机与电脑连接时，打开SAMSUNG PC STUDIO软件，电脑首先会对手机进行识别，识别完后，即出现如图5所示的提示，然后结束这个向导（点击右下方“结束”），SAMSUNG PC STUDIO就自动启动了。

多功能手机与电脑间传输交换数据文件需要依靠驱动程序才能实现，对有些手机而言，驱动程序在随机附带的光盘中，使用时用该光盘安装好USB连接驱动程序就可。但是有些手机使用选装的专门管理程序，使用时就需要安装这种管理程序，一些管理程序需到相应网站去下载（如上述三星手机的管理程序），然后再安装在电脑上才行，这点务必在使用维护手机时重视，不要想当然认为手机或电脑出了故障，更不要盲目地进行不当维修。

彩电无彩色故障的检修思路

文/王绍华

色信号处理电路基本组成

彩电要在荧屏上获得正常彩色图像，必须使色通道和色副载波两大部分电路正常工作，其中色度通道主要由色带通滤波器、色受控ACC带通放大器、梳状滤波器、色差解调电路和矩阵电路组成。色副载波恢复电路主要包括色副载波振荡器VCO、自动相位控制器APC、自动消色控制ACK、双稳触发器、PAL开关和色同步选通脉冲等电路组成。

检修方法

上述电路之一发生故障，将会导致无彩色现象的产生。但从大量维修实践看，除总线数据错误及控制电路故障外，形成无彩色故障的原因大体有两类：一类是色度信号通道有开路性故障或副载波振荡器（VCO）停振引起消色（ACK）电路动作；另一类是因失去色同步信号或副载波恢复电路频偏而引起ACK电路动作。无彩色故障检修方法有：

1.打开消色门法

所谓打开消色门法就是使ACK电路不工作，让故障真实面貌显露出来。这是因为色度通道开路或色度信号处理或副载波恢复电路出现故障，均会使ACK电路动作，从而出现无彩色故障。部分解码IC消色门开启方法见附表。

打开消色门后会有三种情况之一：一是仍无彩色，则表明色度通道存在开路性故障或副载波振荡器停振；二是出现正常彩色，这说明消色电路本身有故障；三是出现彩色闪烁、彩色爬行、彩色不同步现象（彩色像是涂上去的），则是色同步信号丢失或副载波频率偏移，并可说明色度通道是正常的。顺便说明：上述情况是在色饱和度控制电路良好且色饱和度控制开至中等以上位置为前提条件的。

2.外部信号注入法

所谓外部信号注入法就是通过AV端口输入影碟机信号，若彩色正常，则说明解码电路是正常的，故障应在AV切换电路或中放电路（比如图像检波中频变压器失谐会导致接收灵敏度降低甚至无彩色）。反之，则表明至少解码电路有故障。

3.跨接法

跨接法其实就是用一电容将某一功能电路短接，让信号直接传输过去，然后再根据荧屏表现情况来确定故障点的一种方法。例如：用一只1000pF～2200pF电容并联于色度带通滤波器两端，如有彩色出现，说明带通滤波器损坏。反之，故障不在这一部分。例如：将0.01μF电容并联于色度U、V信号分离电路两端，如有失真或爬行的非正常彩色出现，就说明无彩色故障就在该部分电路。再例如：将0.01μF电容并联于45°移相电路两端，如有失真、反相的彩色出现，则表明无彩色故障就在该电路。

4.信号寻迹法

信号寻迹法就是用多用检波头（实际就是在万用表红表笔上串联一只检波二极管和一只1000pF电容。二极管正极接电容，负极接红表笔，黑表笔接地）或示波器来检测很微弱的信号。比如检查色度信号电压（或波形）、副载波振荡电压（或波形）、行逆程脉冲电压（或波形）等的正常与否，从而帮助确定故障点。

在具体检修中一般先要保证彩电在PAL制时有彩色，故有以下5个关键点一定要认真检查。第一关键点：检查解码电路的色度信号输入端信号电压（或波形），以确定色度信号是否已到达解码电路。第二关键点：用代换法检查4.43MHz色度副载波振荡电路（含晶振和与晶振连接的电容），注意代换晶振必须要与原晶振同型号。比如JA18A系列晶振就不能直接替换JA18B系列晶振，否则就会导致无彩色。第三关键点：解码电路4.43MHz色度副载波恢复电路中的APC滤波端子电压。副载波振荡APC滤波在较早的集成电路上一般有两个引脚，这两个引脚电压应该基本相等（比如TA7698AP的16、18脚电压均为9.4V），若有较大差

附表

集成电路型号	开启电平	关闭电平	打开电压(V)	打开方法
AN5620	低	高	3.5	2脚通过50kΩ电阻接地
M51393P	高	低	10	20脚通过20kΩ电阻接12V
μpc1403/23	高	低	11.6	10脚通过10kΩ电阻接12V
IX0719CE	高	低	8.8	12脚通过10kΩ电阻接12V
TA7698AP	高	低	8~9	12脚通过10kΩ电阻接12V
LA7680/LA7681	高	低(小于5.4V)，过高(大于7V)	5.5~6.8	41脚通过22kΩ可调电阻接9V（13脚）
TA8759BN、TA8659AN	高	低	>5.1	22脚通过一只10kΩ电阻接12V（6脚）
AN5095K、AN5195K	高	低	>2.8	4脚通过1kΩ电阻接47脚（5V）

别，可能是APC滤波电路中的电容或电阻有变质现象。第四关键点：解码电路色度控制端电压，注意在消色电路动作时，彩色解码电路的色度控制端电压将固定（一般低于正常值），不随色度控制的调整而变化。为判断色度控制端电压不变是因为消色电路动作引起的还是色度控制电路故障引起的，可焊空解码IC上的色度控制脚，再检查解码IC色度控制端电压是否变化。若变化，则故障在色度控制电路一边，否则是消色电路动作引起。第五关键点：检查彩色解码集成电路、行逆程脉冲输入或沙堡脉冲信号输入端电压（或波形）是否正常。因为色同步选通脉冲要由上述脉冲参与才能得到。如果行逆程脉冲或沙堡脉冲信号输入异常或无输出，就会导致无彩色故障。为帮助大家检修，下面分别给出几种机芯PAL制下无彩色故障检修思路。检修思路对具体机型有相应介绍，其他型号彩电只要所用芯片型号相同，外围元件基本相同，只是具体编号不同，可参照检修。

检修思路

（一）TA8659AN、TA8759BN机芯

以康佳T2512A彩电为例，该机的局部电路如图1所示。

1.悬空解码ICN301（ TA8659AN或TA8759BN）的10、11、21脚（制式外接控制端），按压制式选择键S607，使荧屏上显示“4.43 PAL”字符，会有两种可能：一是有正常彩色出现，这说明故障在10、11、21脚外接制式控制电路TA8615或它的外接元件（含供电电路），二是仍无彩色。这时可测量TA8659AN或TA8759BN的22脚（PAL识别消色控制端）电压，若低于5V（正常约10V），表示ACK电路动作，可在22脚与6脚（12V）并接一只10kΩ电阻，会出现以下几种现象：（1）彩色正常。通常是22脚外接电容C332损坏。（2）荧屏上出现失真的彩色。通常是34脚外接色同步选通门外接定时元件C319漏电或击穿或25脚外接APC电路元件VD305击穿或C329损坏。（3）仍无彩色。这通常有以下几个原因：（1）4.5MHz/6.0MHz/6.5MHz伴音中频识别电路故障，使多制式识别开关IC TA8615的6脚输入PAL/SECAM制式的视频信号不能切换到从30脚输出，可能使从3脚输入的NTSC制式的视频信号被切换到从30脚输出，可用前面介绍的跨接法检查甄别。（2）色度输入电路开路。（PAL色度信号输入端是TA8659AN/TA8759BN的20脚，有信号输入时该脚应有0.35V_{P-P}的交流电压或5.3V的直流电压。）（3）VCO电路晶振Z302（4.43MHz）损坏。（4）解码IC TA8659AN/TA8759BN内部色度通道损坏。

2.若在第一步检测中已测得N301的22脚为正常10V左右电压，则说明副载波、色同步分离等电路没有问题，故障可能在N301内部的色差解调或矩阵电路或色饱和度控制电路。N301的色度控制端是7脚，正常情况下电压为2.8V～3.8V之间可调。在ACK电路动作后，该脚电压会变得很低，通常只有1.2V～1.7V。显然在22脚电压正常情况下若7脚电压很低，可悬空7脚，再测控制电压，若能升至正常值，则表明故障在N301内部电路。反之，若电压仍很低，则说明故障在色饱和度控制电路（含CPU本身）。

（二）LA7680、LA7681机芯

以长虹B2115彩电为例，该机的局部电路如图2所示。测主芯片N101（LA7680）的41脚（ACK外接滤波电容端）电压，会有以下两种情况：(1)电压正常，约6V左右。这时可查N101的40脚（色饱和度控制电压，也有两种状况。一是低于3V且不可调，这时可悬空40脚再查，若电压可调，则是N101损坏。若仍不能调，则是色饱和度控制电路（含CPU）有问题。二是高于3V且可调，则应查N101的18、20脚电压是否为正常的3.4V、3.5V左右，若异常，应查18、20脚外接梳状滤波器元件是否正常。若正常，则是N101内部损坏。（2）电压不正常，约5V左右。可将一只20kΩ可调电阻并接于41脚与13脚（9V）之间，调节阻值，使41脚电压在5.5～6.8V之间，观察荧屏反映，可能有以下

图1 康佳2512A彩电色度信号处理局部电路

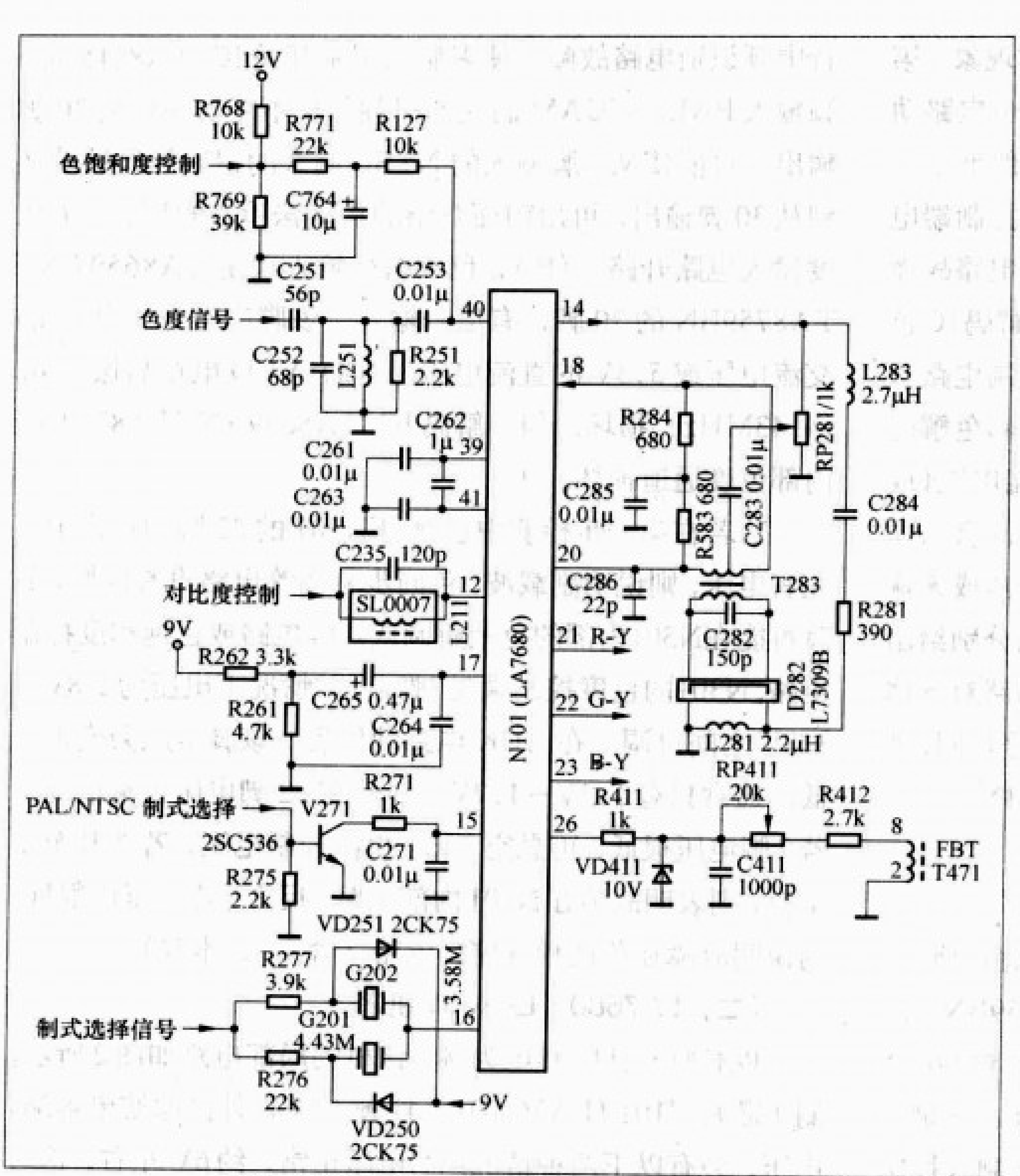


图2 长虹B2115彩电色度信号处理局部电路

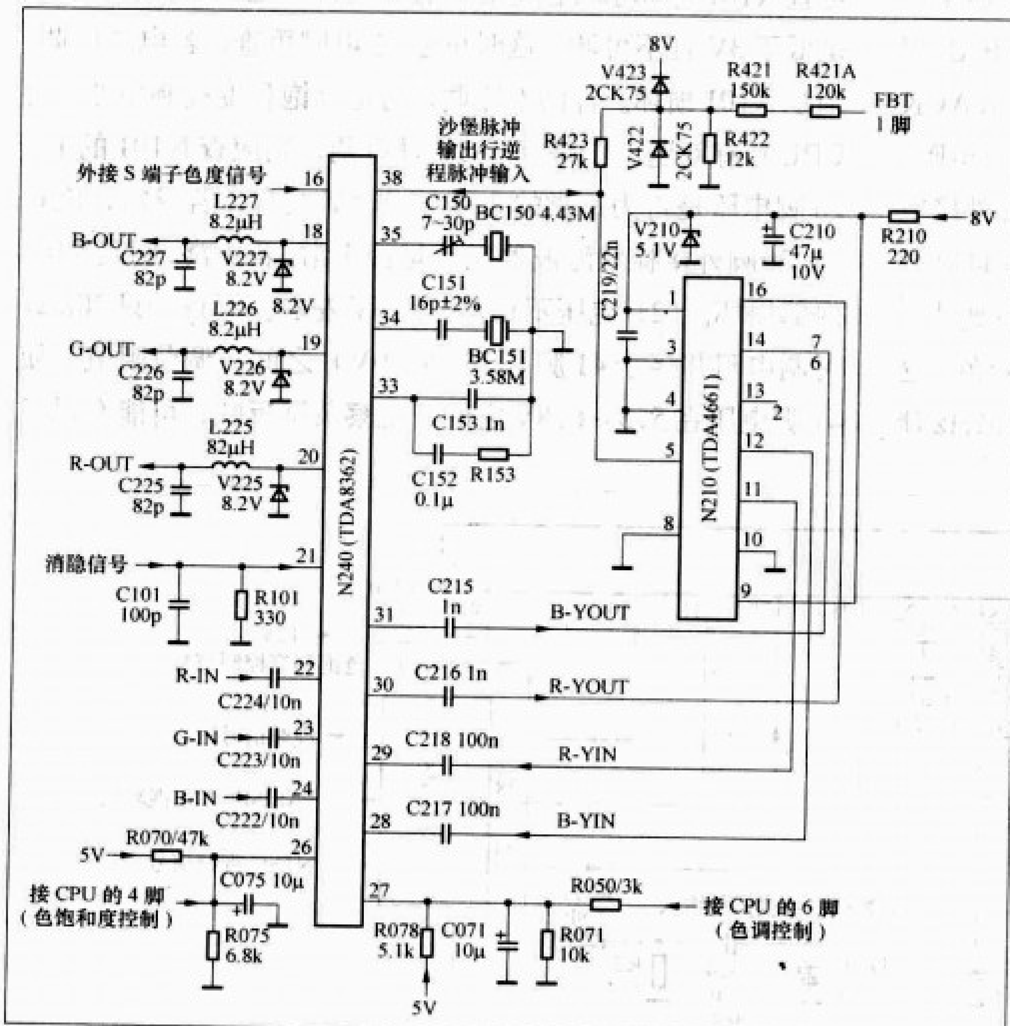


图3 长虹C2591D彩电色度信号处理局部电路

3种现象：一是正常彩色。如果查得41脚外接ACK检波电容C261～C263正常，则是N101内部损坏。二是滚动、闪烁、不同步彩色。再仔细观察滚动的彩条，浓淡粗细会有以下3种表现：(a) 浓而粗。可再查26脚（行逆程脉冲输入）有无正常0.6V电压或1.5V_{P-P}行逆程脉冲信号波形。如果异常，再进一步查行逆程脉冲传输电路元件。如果正常，则是N101内部电路损坏。(b) 淡而细。可断开16脚（外接副载波振荡电路元件）外接元件，从16脚直接接一只4.43MHz晶振到地，如果出现正常彩色，说明16脚外接元件有损坏。如果故障依旧，则是N101内部VCO振荡电路不良。(c) 淡而粗。这可查17脚（鉴相器外接低通滤波网络）电压是否为正常的6V左右。若异常，先查17脚外接元件是否正常。若正常，说明是N101内部电路损坏。三是仍无彩色。可查N101的40脚有无正常的色度信号输入波形，如果没有，应查色度信号输入电路元件。如果有，再查16脚有无副载波振荡波形，假若有，则是制式控制电路错误，应更换N101。假若没有，在16脚外接晶振等元件正常情况下，说明N101内部电路损坏，也应更换N101。

（三）TDA8362、TDA8361机芯

以长虹C2591D彩电为例，该机的局部电路如图3所示。查N240（TDA8362）30、31脚有无R−Y、B−Y色差信号波形输出（或正常1.5V直流电压），会有以下两种情况：一是有。可查N240的29、28脚是否分别有R−Y、B−Y色差信号输入，如果没有，则是一行基带延时线N210（TDA4661）损坏或它的供电电路有问题。若有，调色饱和度键，查N240的26脚（色饱和度控制）电压能否在0.7V～2.3V范围内变化。若能变化，则是N240内色度电路损坏。若不能变化，应查色饱和度控制电路（含CPU）。二是没有。再测N240的35脚4.43MHz色副载波波形。若没有，再用替换法查该脚外接4.43MHz晶振和谐振电容C150是否正常。若仍没有，说明N240内部VCO电路已损坏。若35脚有正常色副载波波形，应接着查N240的38脚有无沙堡脉冲波形输出。若没有，应查行逆程脉冲传输电路元件是否损坏。若正常，说明N240已损坏。如果38脚有沙堡脉冲输出，则说明N240内部的矩阵电路已损坏，应予更换。

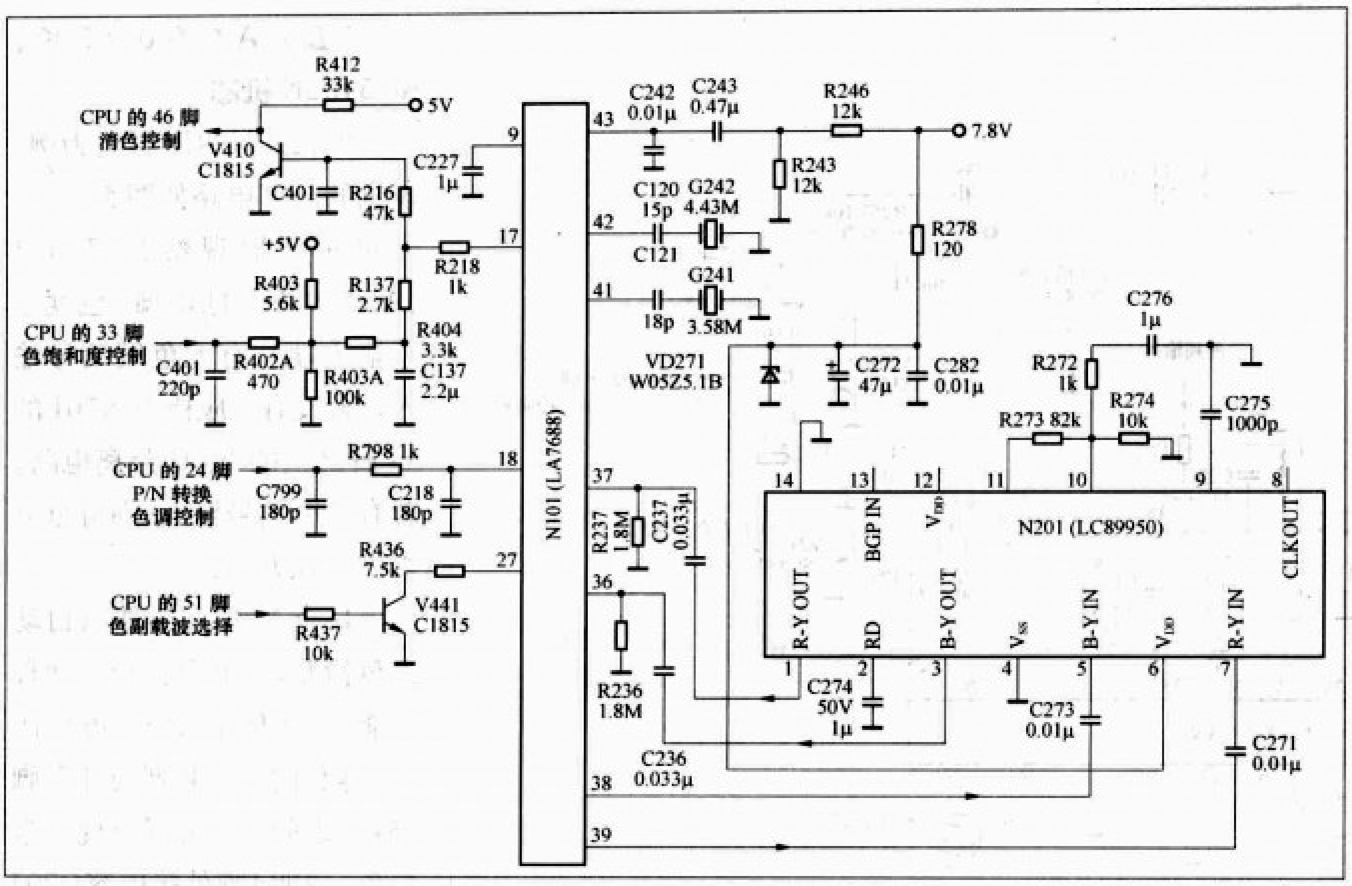


图 4 康佳 T5429 彩电色度信号处理局部电路

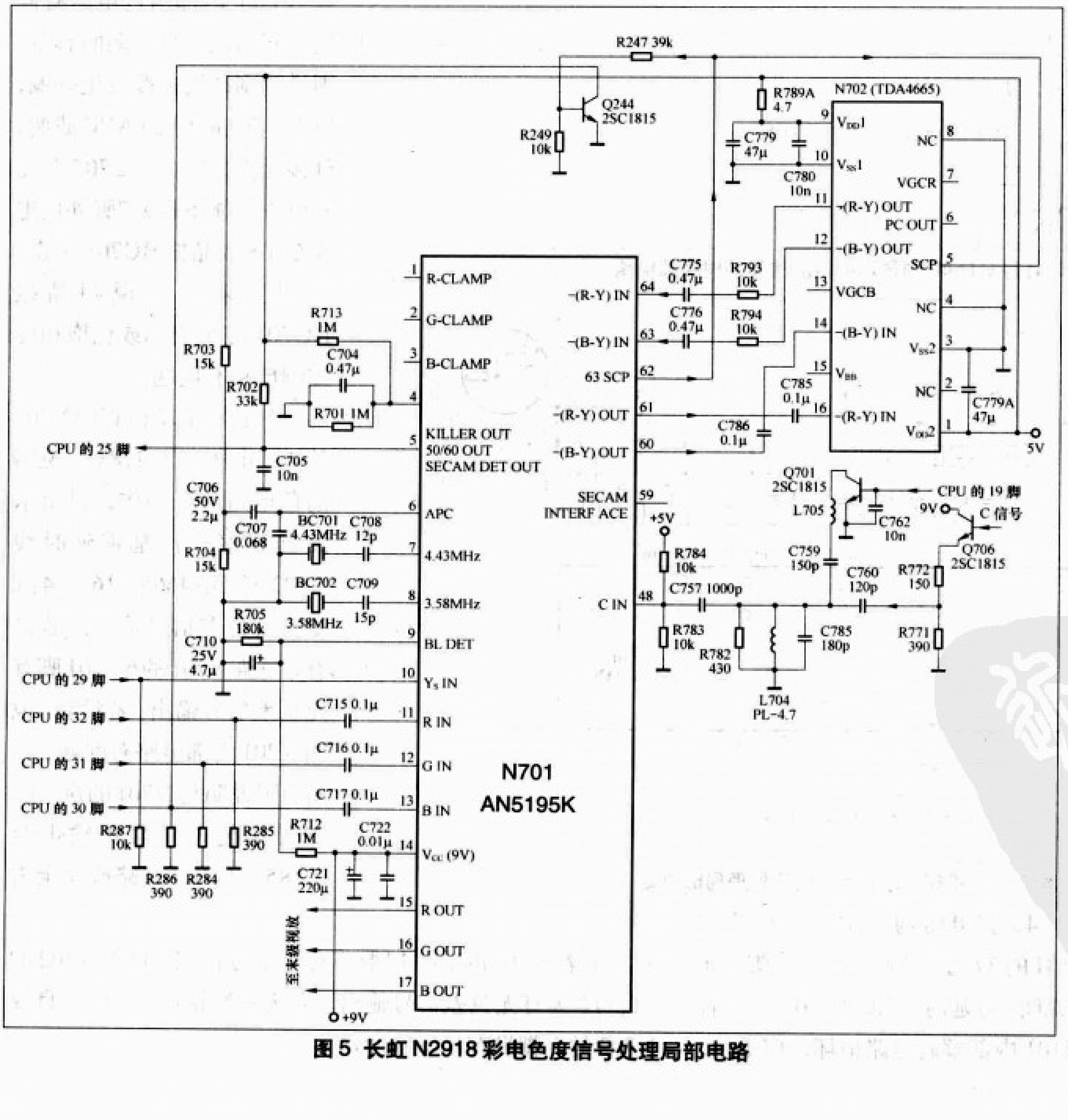


图 5 长虹 N2918 彩电色度信号处理局部电路

（四）LA7688、LA7687 机芯

以康佳 T5429 彩电为例，该机的局部电路如图 4 所示。

1．先查 N101（LA7688）制式控制脚 18、27 脚电压是否正常，正常情况下（PAL 制式）18 脚 0.3V，27 脚 4.7V，NTSC 制式下 18 脚大于 1.8V，27脚为5.2V左右。制式控制由 CPU 内部电路切换。如果18、27脚电压不正常，就要对 CPU 的工作条件（含CPU）进行检查。

2.如果 18、27 脚电压正常，再查 42 脚（外接晶振）电压是否为正常 3.7V 左右，或用示波器看到副载波振荡波形。如果异常，应查外接晶振 G242和谐振电容C120是否正常，否则 N101 内部 VCO 电路损坏。

3.如果上述 42 脚电压或振荡波形正常，接下来调整色饱和度键并同时检测 17 脚电压能否在 0.6V～4.0V 之间变化。若不能，应检查17脚（色饱和度控制）外接色饱和度控制电路（含 CPU）。

4.若 17 脚电压能正常变化，可再查 43 脚（APC 滤波）电压是否正常（正常约为4.3V）。若不正常，应检查该脚外接滤波网络元件 C242、C243、R243等是否正常。若上述元件正常，说明 N101 内部电路已损坏。

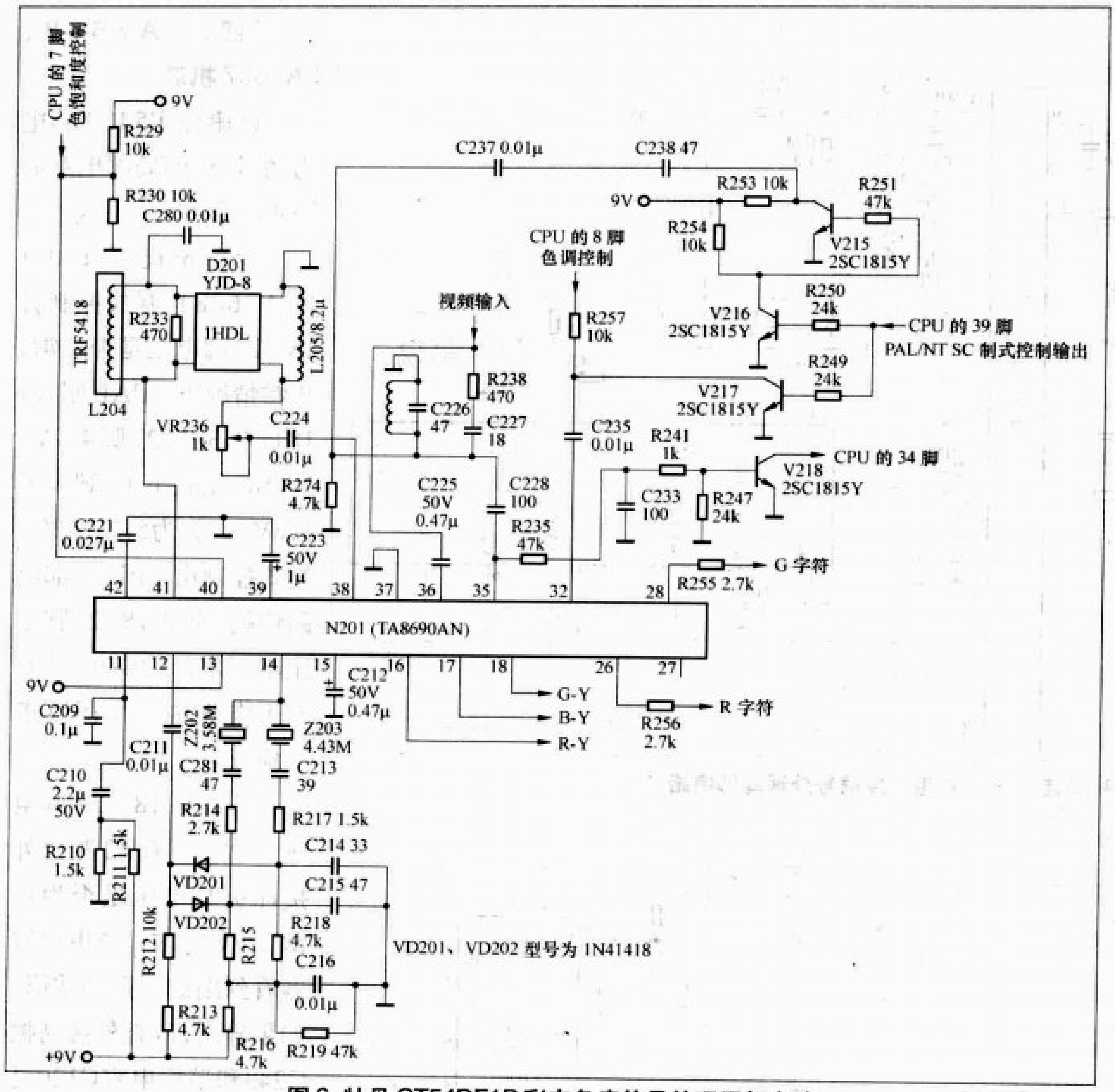


图 6　牡丹 CT54DF1P 彩电色度信号处理局部电路

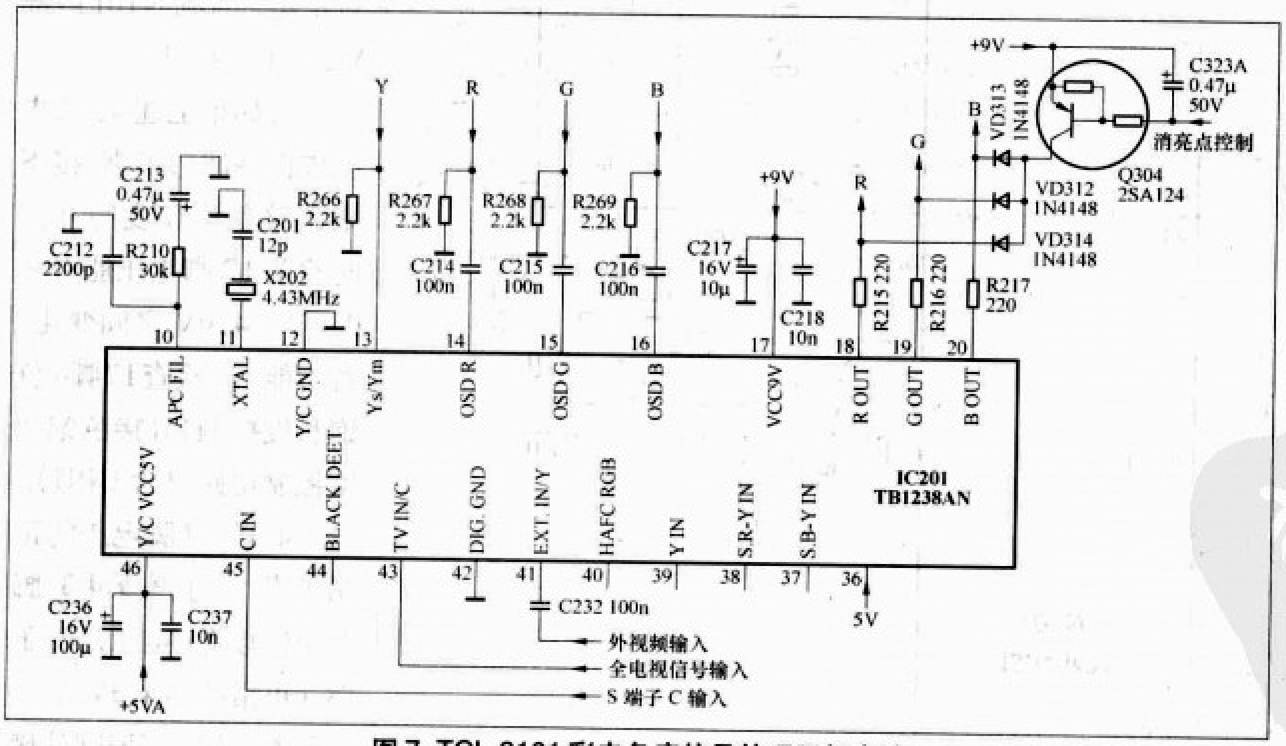


图 7　TCL-2101 彩电色度信号处理局部电路

5.若 N101 的 17 脚、43 脚电压均正常，可用两只 0.01μF 电容分别短接 N101 的 37 与 39 脚、36 与 38 脚，如果短接后有彩色出现，则说明1行延时线LC89950开路。若仍无彩色出现，则说明 N101 内部解码电路损坏，应更换。

（五）AN5095K、AN5195K 机芯

以长虹N2918彩电为例，该机的局部电路如图 5 所示。先用示波器观察 N701（AN5195K）的48脚（色度信号输入端）有无色度信号输入，若没有，应检查N701 的 48 脚之前的 Y/C 分离电路。若有色度信号输入，则可重点查以下几方面：

1.查N701的4脚（自动消色检测端）电压，会有两种可能：一是低于2.8V，可将1kΩ电阻并接在4 脚与47 脚（5V）之间，若荧屏出现正常彩色，说明4脚外接电容C704或N701 内部消色电路有问题。若出现失真移动的彩条，则说明副载波振荡发生频偏，应查N701的6脚（APC滤波）外接元件，例如：C707有无漏电或性能不良或7脚外接电容 C708 或晶振 BC701 不良。若仍无彩，则说明晶振 BC701 完全损坏或色饱和度控制电路有问题。

2.若在上步检查中N701 的 4 脚电压大于 2.8V，说明消色电路没有动作，可用示波器观察一行基带延时线 N702（TDA4665）16、14脚是否有色差信号输入。若没有，再查N701的60、61脚有无色差信号输出。若没有，说明N701内部电路有问题。若有，则说明是N701的60、61 脚外接色差信号传输电容 C785、C786 开路或完全失容。

3.若N702的16、14脚有色差信号输入，再查N702的 11、12 脚有无色差信号输出，若无，则说明 N702 不良或 N702 的 5 脚没有沙堡脉冲输入。

4.若N702的11、12脚有色差信号输出，应进一步查N701的63、64脚有无色差信号输入。若没有，说明N702的11、12脚与N701的63、64脚之间的色差信号传输电路元件损坏。

5.若N701的63、64脚有色差信号输入，则说明N701（AN5195K）内部矩阵电路损坏。

（六）TA8690、TA8691AN机芯

以牡丹CT54DF1P彩电为例，该机的局部电路如图6所示。

1.查N201（TA8690AN）的35脚是否有色度信号输入，否则应检查色带通滤波器在接收PAL制式节目信号时查35脚电压应大于4.5V，否则说明N201内部的制式识别电路有问题。

2.若N201的35脚色度信号波形与电压均正常，再查N201的38脚有无被放大的色度信号输出，否则说明IC内部色度放大、色同步分离、ACC检波等电路之一有问题。

3.如果N201的38脚有信号输出，再查41脚有无被延迟的色度信号输入，否则应查41脚与38脚外接的色度延迟线D201等元件。

4.查N201色饱和度控制端40脚电压（正常3.9~4.7V），否则应查色饱和度控制电路。

5.若N201的40脚电压正常，再查N201的42脚（消色滤波）外接电容C221是否正常。如果正常，应替换法查N201的12、14脚外接的4.43MHZ副载波振荡电路外接元件。

6.查N201的32脚是否为低电平（PAL制式下应为低电平），如果不是，应查CPU（TMP47C837N）39脚是否输出高电平。否则应查CPU的34脚是否收到了低电平SYS1 · IN信号。如果未收到低电平信号，应查N201的35脚外接倒相管V218或偏置电路元件是否损坏。如果CPU的34脚是输入的低电平信号，则说明CPU损坏。

7.如果上述检查均正常，则说明N201内部同步解调矩阵电路已损坏，应予更换。

（七）TB1238AN机芯

以TCL−2101C彩电为例，该机的局部电路如图7所示。

1.从IC201（TB1238AN）41脚（外接视频信号输入）注入影碟机视频信号，如果有彩色图像，说明IC201内部视频切换开关损坏。

2.若从外部注入视频信号也没有彩色图像，应重点检查N201的36脚（数字电路供电端电源，正常5.0V）电压是否正常，否则要检查供电电路，不然会影响IC内部的制式识别和I²C总线的正常工作。

3.查IC201的11脚有无正常的4.43MHz副载波振荡波形，否则应用替换法检查该脚外接晶振X202和谐振电容C201。

4.若上步已查得IC201的11脚有正常的副载波振荡波形，则应查10脚外接的APC滤波电路元件C212、C213、R210等是否正常。

5.若以上检查均无异常，则可进入维修状态，查看彩色相关数据，比如色饱和度数据是否正常（正常63）。

6.如果上述检查均正常，则说明IC201内部的色解调或色差信号处理等电路存在问题，则应更换IC201。

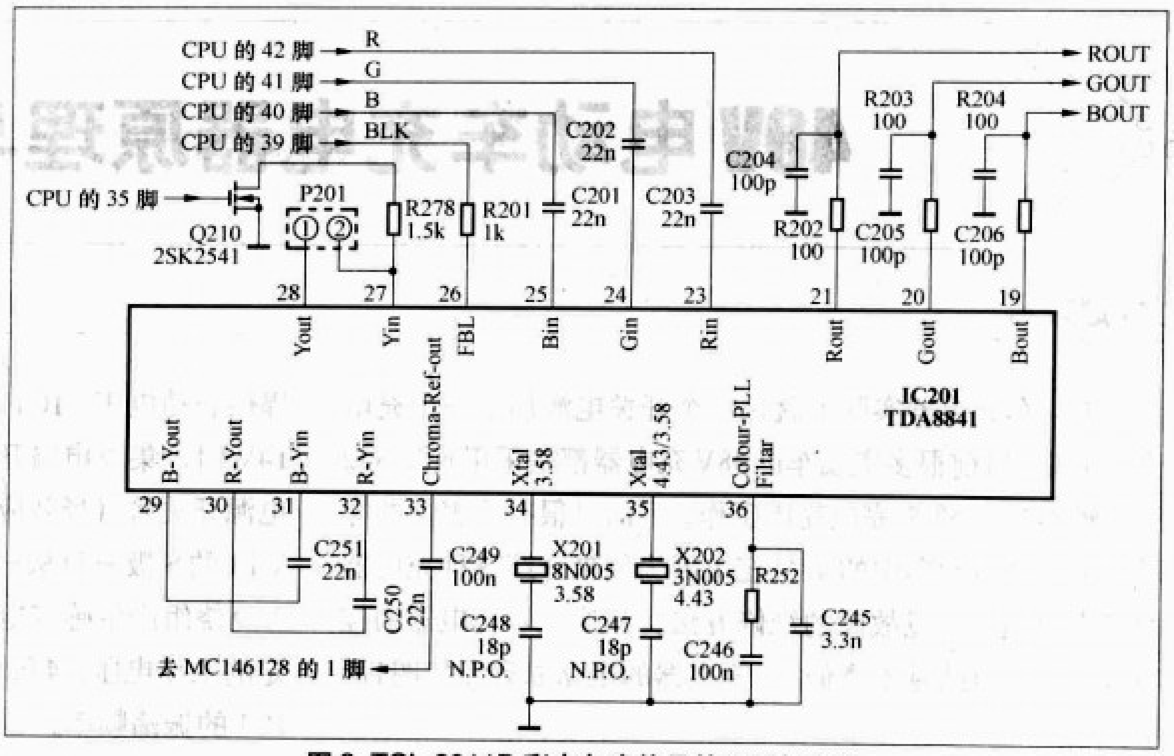


图8 TCL-2911D彩电色度信号处理局部电路

（八）TDA8841（OM8838）机芯

以TCL−2911D彩电为例，该机的局部电路如图8所示。由于该机芯色度处理任务绝大部分在TDA8841（OM8838）内部完成，所以检修无彩色故障步骤相对较少，主要有：

1.首先按菜单键，查看彩色制式是否选择为“PAL 4.43MHz”。

2.检查IC201（TDA8841）33脚（副载波基准输出）有无副载波振荡波形，如果没有，应检查35脚外接晶振X202和电容C247是否正常。如果正常，说明IC201内部副载波再生电路损坏。

3.若IC201的33脚有副载波振荡波形输出，应查IC201的36脚外接色度锁相环滤波元件R252、C245、C246是否变质损坏。

4.若在上步检查中均未发现异常，可进入维修模式，查看I²C总线色饱和度数据是否正常（正常为50），若无问题，则说明IC201内部色度解调电路损坏，应予更换。

48V电动车充电器原理与维修

文/赵理科

电动车充电器实际上就是一个开关电源加上一个充电检测电路，目前很多电动车的48V充电器都是采用KA3842和比较器LM358来完成充电工作。下面以很有代表性的悍马·金叶来电动车中的48V充电器为例来介绍这种充电器的工作原理与常见故障的维修方法。其他型号充电器的控制过程与该电路基本类似。该充电器的电路原理图如图1所示。

工作原理

220V交流电经LF1双向滤波、VD1～VD4整流为脉动直流电压，再经C3滤波后形成约300V的直流电压。300V直流电压经过启动电阻R4为脉宽调制集成电路IC1的7脚提供启动电压，IC1的7脚得到启动电压后（7脚电压高于14V时，集成电路开始工作），6脚输出PWM脉冲，驱动电源开关管（场效应管）VT1工作在开关状态，电流通过VT1的S极→D极→R7→接地端。此时开关变压器T1的8-9绕组产生感应电压，经VD6、R2为IC1的7脚提供稳定的工作电压。4脚外接振荡电阻R10和振荡电容C7决定IC1的振荡频率。

IC2(TL431)为精密基准电压源，和IC4(光耦合器4N35)配合用来稳定充电电压。调整RP1(510Ω半可调电位器)可以细调充电器的充电电压。LED1是电源指示灯，接通电源后该指示灯就会发出红色的光。

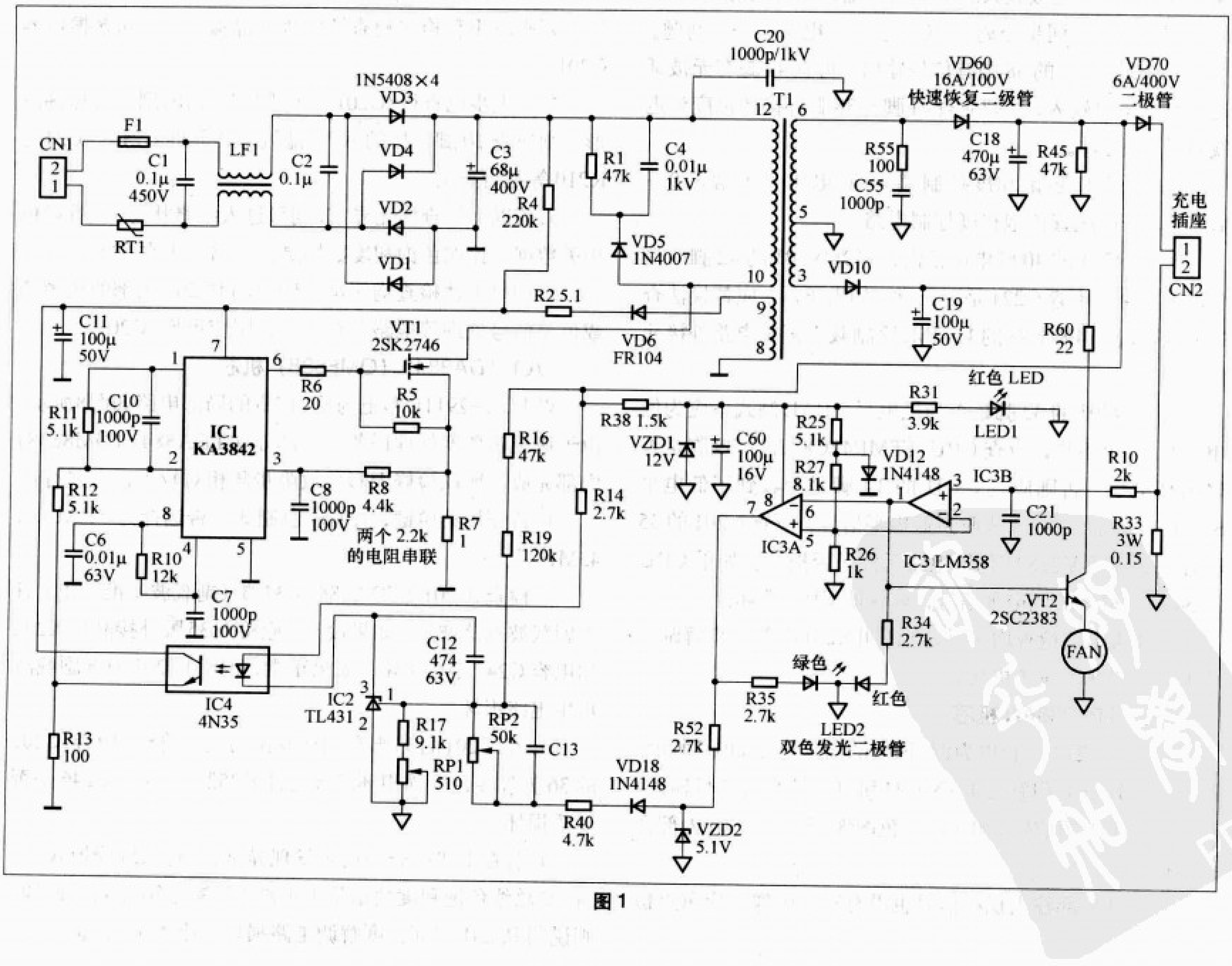


图1

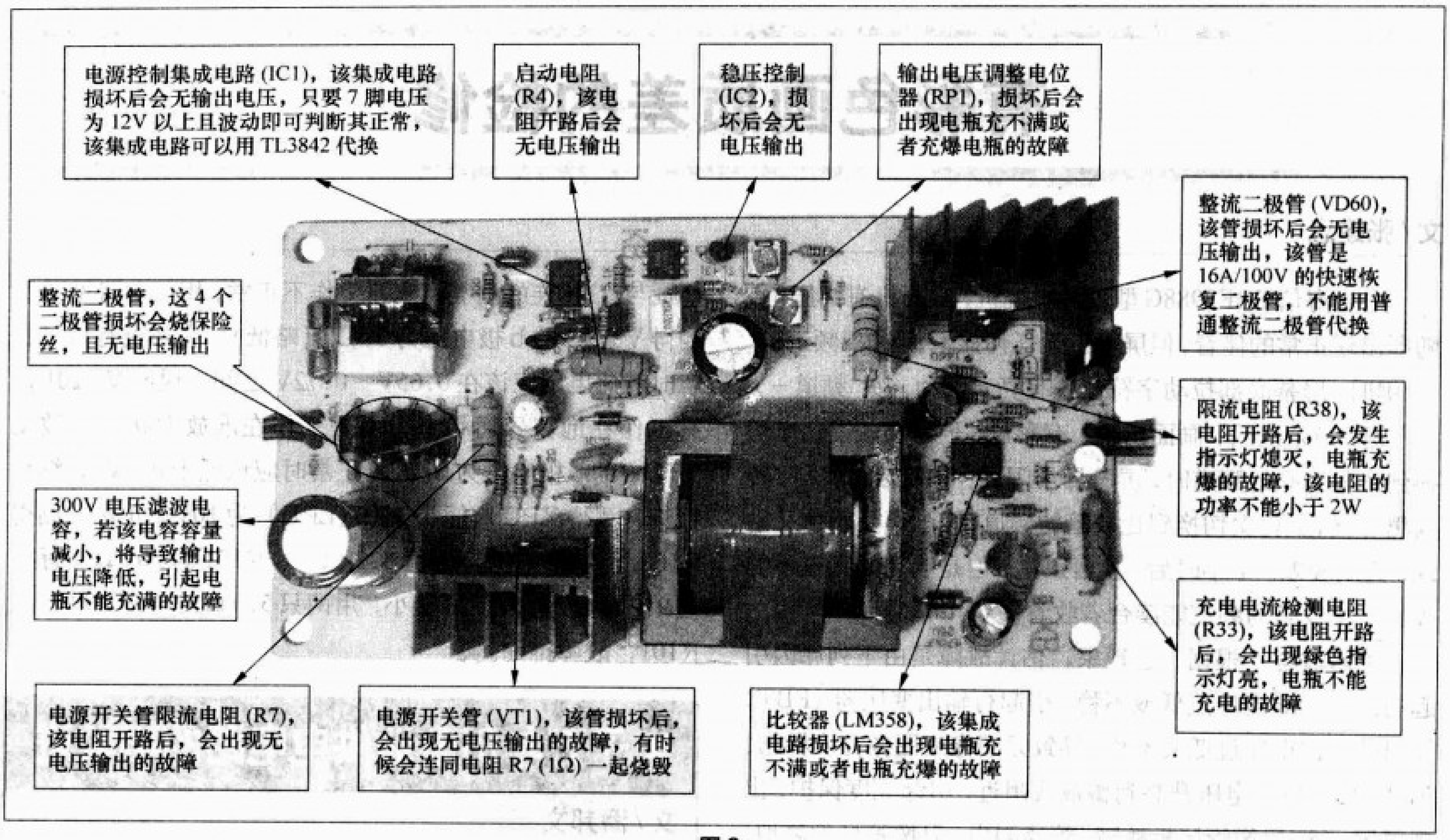


图2

VT1开始工作后,变压器的次级6–5绕组输出的电压经快速恢复二极管VD60整流、C18滤波得到稳定的电压(约53V)。此电压一路经二极管VD70(该二极管起防止电池的电流倒灌给充电器的作用)给电池充电。另一路经限流电阻R38、稳压二极管VZD1、滤波电容C60,为比较器IC3(LM358)提供12V工作电源。VD12为IC3提供基准电压,经R25、R26、R27分压后送到IC3的2脚和5脚。

正常充电时,R33上端有0.18V~0.2V的电压,此电压经R10加到IC3的3脚,从1脚输出高电平。1脚输出的高电平信号分三路输出:第一路驱动VT2导通,散热风扇得电开始工作;第二路经过电阻R34点亮双色发光二极管LED2中的红色发光二极管;第三路输入到IC3的6脚,此时7脚输出低电平,双色发光二极管LED2中的绿色发光二极管熄灭,充电器进入恒流充电阶段。

当电池电压上升到44.2V左右时,充电器进入恒压充电阶段,电流逐渐减小。当充电电流减小到200mA~300mA时,R33上端的电压下降,IC3的3脚电压低于2脚,1脚输出低电压,双色发光二极管LED2中的红色发光二极管熄灭,三极管VT2截止,风扇停止运转。同时IC3的7脚输出高电平,此高电平一路经过电阻R35点亮双色发光二极管LED2中的绿色发光二极管(指示电瓶已经充满,此时并没有真正充满,实际上还得一两个小时才能真正充满),另一路经R52、VD18、R40、RP2到达IC2的1脚,使输出电压降低,充电器进入200mA~300mA的涓流充电阶段(浮充)。改变RP2的阻值可以调整充电器由恒压充电状态转到涓流充电状态的转折电流(200mA~300mA)。

常见故障

这种类型充电器的常见故障有下面几种情况。

1.高压电路故障:该部分电路出现问题的主要现象是指示灯不亮,通常还伴随有保险丝烧断。此时应检查整流二极管VD1~VD4是否击穿、电容C3是否炸裂或者鼓包。VT2是否击穿、R7、R4是否开路,此时更换损坏的元器件即可排除故障。若经常烧毁VT1,且VT1不烫手,则应重点检查R1、C4、VD5等元器件;若VT1烫手,则应重点检查开关变压器次级电路中的元器件有无短路或者漏电。

若红色指示灯闪烁,则故障多数是由R2或者VD6开路、变压器T1引脚虚焊引起。

2.低压电路故障:低压电路中最常见的故障就是电流检测电阻R33烧断,此时的故障现象是红灯一直亮,绿灯不亮,输出电压低,电瓶始终充不进电。另外,若RP2接触不良或者因振动导致阻值变化(充电器注明不可随车携带就是怕RP2因振动而改变阻值),就会导致输出电压漂移。若输出电压偏高,电池会过充,严重时会失水→发烫,最终导致充爆;若输出电压偏低,会导致电瓶欠充,缩短其寿命。

充电器实物及其常见故障部位如图2所示。

有彩色画质差的检修

文/张建忠

一台海信TDF2988G型胶片电视机，冷开机有高压声，随即出现正常的伴音，但屏幕上无任何显示。当按“频道+/-”键时，屏幕底部拉动字符位置有亮光闪动，按“频道+/-”键200余次后，画面出现，有彩色，但画质较差。当切换到比较明亮的频道时，屏幕异常闪亮，随闪光的加剧，转入黑屏状态；再次切换到比较暗的频道时，画面及彩色又出现，画质较差。半小时后，换台正常，但是明亮的频道不能收看，比较暗的频道能凑合着收看。

检修过程：根据上述现象，估计故障是由下列原因引起的：(1) +B电压过低或不稳，引起行输出变压器（FBT）输出的二次电压过低或不稳，导致无图像或图像亮度异常、闪动。(2) ABL电压升高到警戒线附近，引起亮度保护，出现黑屏。(3) 显像管尾板故障、管座漏电、显像管灯丝碰地。首先测量（用500型指针表）+B电压125V，正常、稳定；其次测量行高压包的8脚ABL电压，直流挡为9V，交流挡为16.5V，正常且稳定，没有超过直流挡15V；最后将故障范围缩小在显像管及尾板。测得显像管尾座管脚电压如附表所示，其中4、5、6、9脚的电压不正常，即，红极、绿极、蓝极的电压偏高，说明红极、绿极、蓝极均处于截止状态；加速极G2电压太低，正常时应该在350V左右。调节行输出变压器上的SCREEN电位器，最高只能调节到125V，与正常值相距甚远。鉴于行输出变压器难以购到，于是自己做了个350V的整流电路予以取代该电位器的作用，具体电路见图1。再测量G2电压，电压又衰减到140V，电视机仍然是黑屏，于是怀疑与G2相连的消亮点电路工作不正常，相关电路见图2。测得VT101的b极电压为0.6V（略低），在开机有信号状态时，此电压应该在0.65V~0.72V之间，说明VT101没有工作在饱和导通状态，而是工作在准放大状态，致使VT100的b极电压为0.7V（正常时应该低于0.1V），继续检查，测得XPC02插头3脚（LPU）为10V，正常，测得R100为3.8kΩ（标称值3.3kΩ）、R101为500Ω（标称值910Ω），R101明显变小，用两只510Ω的电阻串联取代R101，故障排除。

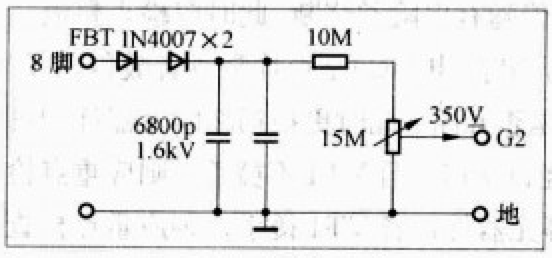


图1

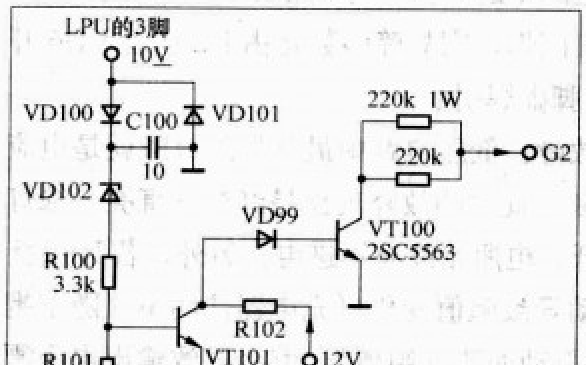


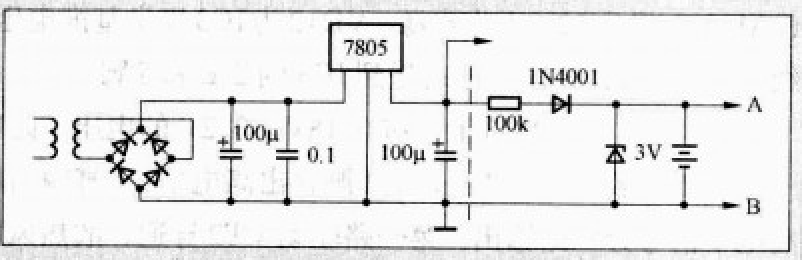
图2

尾座管脚号	2	3	4	5	6	7	8	9	10
图纸上标注	GND	G1	G	G2	R	FG	FIL	B	GND
实测对地电压（V）	223	0	188	45	188	0	0	188	

电子万年历电池供电电路的小改进

文/潘邦文

一般电子万年历都有内置电池供电，以备市电停电之时维持时钟运行。然而使用日久，干电池的电量耗尽，使用者一般都忘记及时更换，导致停电又来电之后，又要重新设置时间日期等，非常麻烦，而且还可能因干电池漏液而损坏主板。为此笔者对电池供电电路作了个小改进。



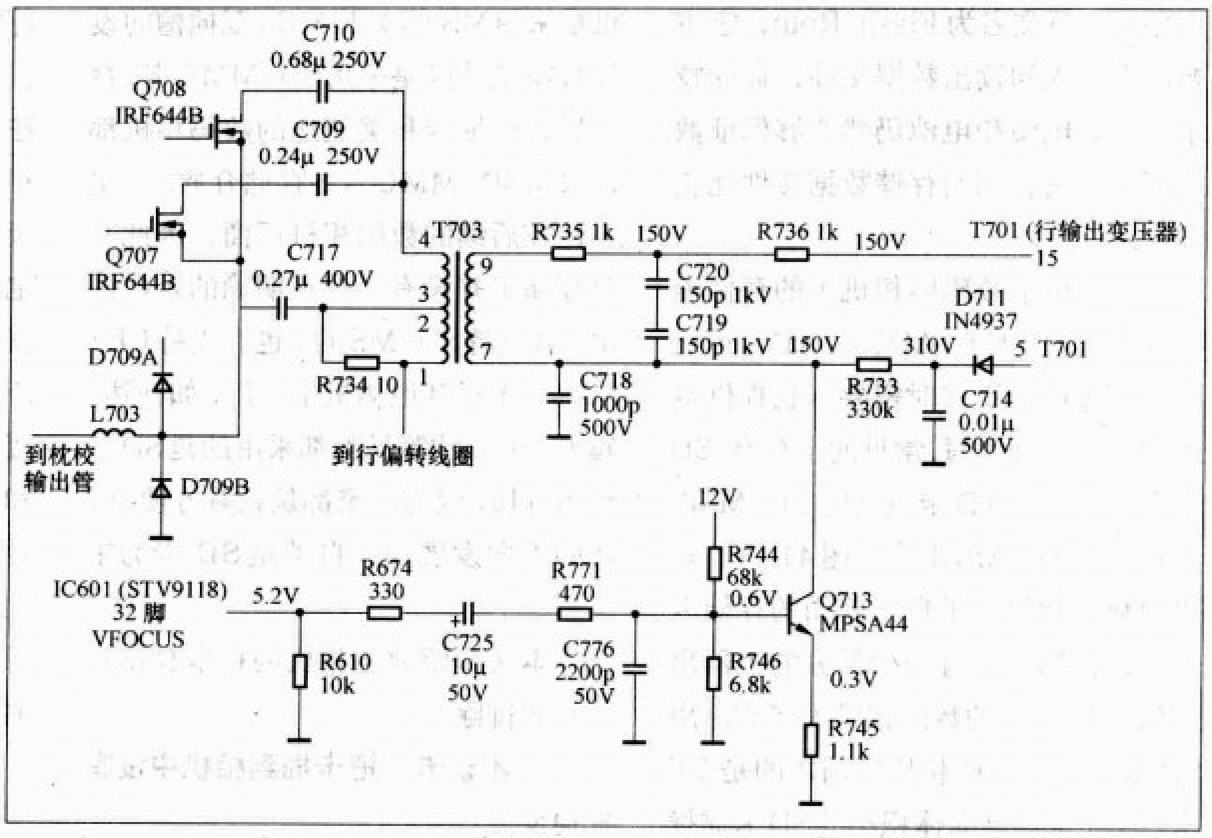
电子万年历的电源电路如附图所示，图中虚线左侧的电路是电子万年历原有的供电电路，其原理简单在此不再赘述。图中A、B两点为主板上的电池接入点。笔者在虚线之后，A、B点之前增加3个元件，又在电池盒里放入充电电池，便可对充电电池长期涓流充电，保持电池在饱满状态。当停电的时候，电池向A、B点供电，维持时钟运行。其中电阻用于分压限流，二极管既用于降压，又防止停电时电池向整个电子万年历电路放电。经此改造后在电池盒里放进两节已经充满电的廉价二手镍镉充电电池，测量充电电流只有十几毫安，足以维持电池饱满而又保证电池寿命。读者在改造时要根据实际电路调整电阻大小，防止充电电流过大而影响电池寿命。

方正显示器聚焦失调的检修

文/叶兆利

一台方正FH770–KD纯平17英寸显示器开机聚焦良好，几分钟后出现聚焦不良，调整两聚焦电位器，当屏幕上的字符中间清晰时四角模糊，而四角调清晰后中间又变模糊了。

分析与检修：目前新型大屏幕显示器采用的是行场动态聚焦电路。行场动态聚焦电路就是在原有固定直流聚焦电压上叠加一个行场抛物波电压，电子束从屏幕中央扫描到边缘时聚焦电压呈抛物波变化，使整个显像管的屏幕中央和边缘聚焦效果均达到最佳。



实绘该机行场动态聚焦电路如附图所示。该显示器在（800 × 600 75Hz）模式下各关键点电压已标注在附图中。行场小信号处理电路IC601（STV9118）的32脚为场动态聚焦抛物波（VFOCUS）输出脚。场动态聚焦抛物波信号经R674、C725、R771送到Q713进行倒相放大，放大后的场动态聚焦抛物波输入动态聚焦变压器T703次级7–9绕组。另外，取自行偏转的行频锯齿波电流经过S校正电容C709（C710）充放电后，在S校正电容两端得到行频抛物波电压。该电压经C717、R734加到动态聚焦升压变压器T703初级绕组，在T703次级得到升压后的行频抛物波电压。场频抛物波电压与行频抛物波电压在T703次级叠加得到行场抛物波电压，此电压经R735、R736送到行输出变压器T701的15脚，与T701内部的直流聚焦高压叠加后送到显像管聚焦极，即可使显像管整个屏幕实现行场方向的良好聚焦。T701的5脚输出的行逆程脉冲电压经D711整流、C714滤波后得到约300V的直流电压通过R733为Q713供电。

根据故障现象判断该机动态聚焦电路不良。检测Q713集电极电压，在110V～140V之间波动，C714两端电压在230V～270V间波动。测量Q713的供电电路元器件D711、C714、R733均正常，测得Q713基极电压为稳定的0.6V，发射极电压为0.2V，有轻微变化，检测Q713正常，代换Q713后故障依旧。焊下C718进行检测，发现有漏电现象，将C718换新后故障排除。

小结：行场动态聚焦电路不良，往往会出现字符中间清晰四角模糊、四角清晰中间模糊、屏幕左边清晰右边模糊或右边清晰左边模糊等区域性聚焦不良故障。

维修小贴士

导热脂变硬怎么办?

导热脂在电子制作和家电维修中经常要用，特别是功率比较大的三极管在更换时涂上导热脂，能使管壳与散热片之间很好地结合，降低三极管的温度，有利于功率管工作在最佳区。我在十多年前购买50g导热脂，没有用完，后来发现变硬了，本想把它丢弃，但又觉得可惜。偶发奇想，是否可用作变压器油?于是找来一瓶变压器油，将其缓缓倒入导热脂瓶，慢慢地搅拌，然后再加入变压器中，直至认为适当即可，效果真的很好。

（梁会权）

数码相机闪存卡仓的常见故障排除

文/龙海升

用于数码照相机中的存储卡俗称闪存卡，英文名为Flash Rom，它主要用于写人和读出数据文件，存储技术不依靠电源和电池仍然能够保证数据不被丢失，因而存储数据文件比较安全。

目前用于数码照相机上的存储卡有SM、SD、CF、MMS、XD、记忆棒等。存储卡工作时需要卡仓提供电压和数据进行读写，常见的卡仓有 SD卡仓（图1）、XD卡仓（图2）、MMS卡仓（图3）、MS卡仓（图4）等。索尼的数码相机是用自己公司的存储卡——记忆棒，也有一少部分的机器用的SD卡，松下的数码相机大多数是用SD卡；佳能数码相机以前用的是CF卡，现在也逐渐向体积小的SD卡靠拢了；在XD卡没出来以前，奥林巴斯和富士的数码相机是采用SM卡作为存储卡的，不过自从奥林巴斯和富士合作开发出XD卡后，他们毫不犹豫，一起抛弃了前途昏暗的SM卡；柯尼卡、美能达在合并以前，柯尼卡的数码相机是采用MS/SD/MMC（双插槽的设计），美能达则是采用SD/MMC卡，合并后，柯尼卡和美能达的数码相机都是采用SD/MMC卡为存储介质；三星是比较后续的数码相机厂商，因此其对存储卡并没有一个很明确的定向使用，有支持SD/MS的，也有支持CF/SD的；至于其他相机生产厂，如柯达、宾得、卡西欧等品牌都采用的是SD卡作为介质。因为厂家都是朝着方便、轻巧的方向发展的，自然是SD卡为主了。

本文介绍数码相机闪存卡仓常见故障的排除。

1. 不认卡，把卡插到相机中没有任何反应。

这种故障主要发生在读卡器接触面较大的几种卡仓中，针孔式触点的CF卡仓一般没有这个问题。遇到这种故障首先是清洁接插存储卡的卡仓，具体步骤是把相机的电池和卡都取出，用棉花球粘少量的清洗液(市面上常见清洗液有PCB清洗液、LEF6008清洗液、双氧水、酒精等)清洗卡仓内部的灰尘，等内部的液体挥发后就可以正常使用了。如果清洁卡仓后，故障依然存在，那只能将相机送到专业维修店去维修了。

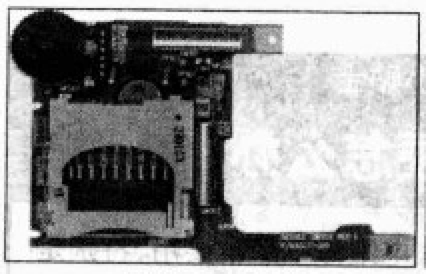


图1 SD卡仓

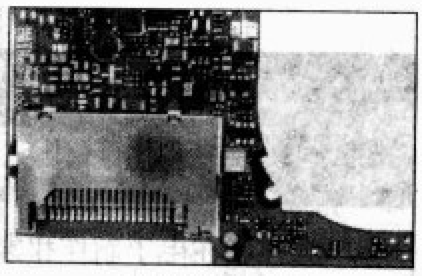


图2 XD卡仓

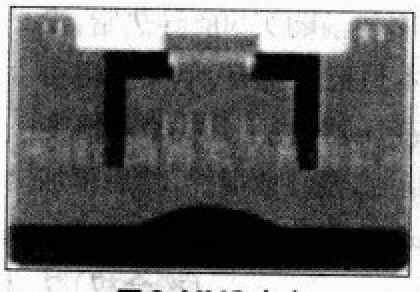


图3 MMS卡仓

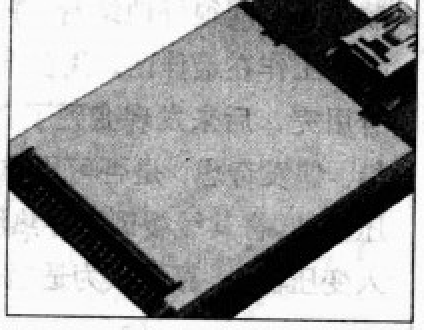


图4 MS卡仓

下面列举一款目前比较时尚的索尼T20数码相机（图5）讲解出现不认卡故障的检修过程。(1) 首先拆下外壳的螺丝（图6），注意不要划伤外壳影响美观。(2) 拆开相机的前壳，我们能清晰的看到电路板和镜头组件（图7）。(3) 把镜头与电路板连接的排线拆开，镜头电路板就可以分离开了，注意排线上的卡槽应该向上打开（图8）。(4) 拆下USB接口，注意固定USB接口有一颗螺丝和一个铁片，首先把它们两个拆下来（图9、图10）。(5) 再往下拆下电路板上的接口线，同样也要注意的是卡槽应该向上打开（图11、图12）。(6) 这时电路板就可以取下来了（图13），注

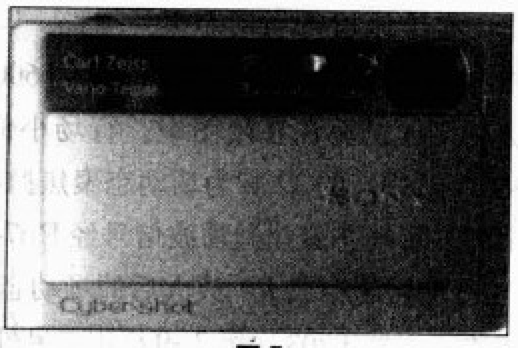


图5

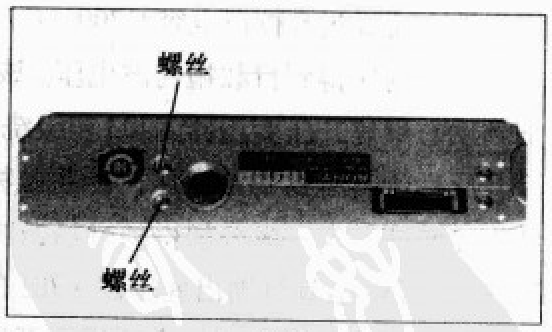


图6

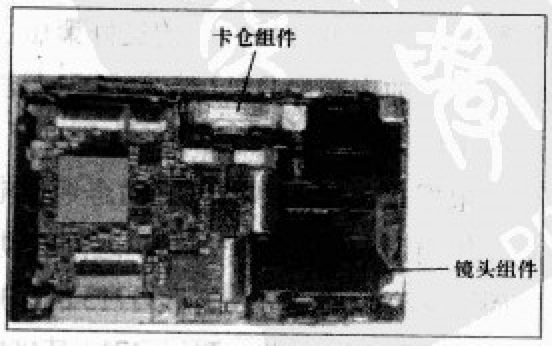


图7

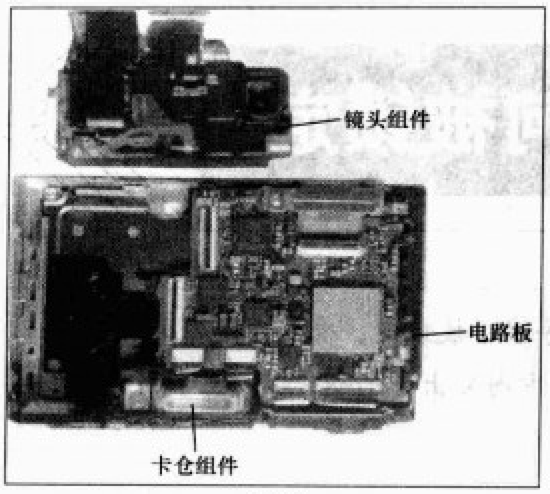


图 8

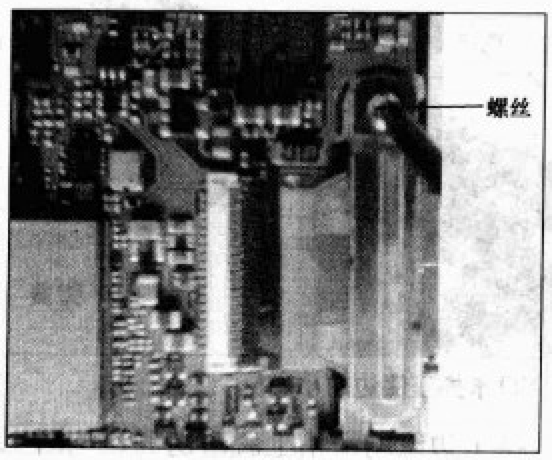


图 9

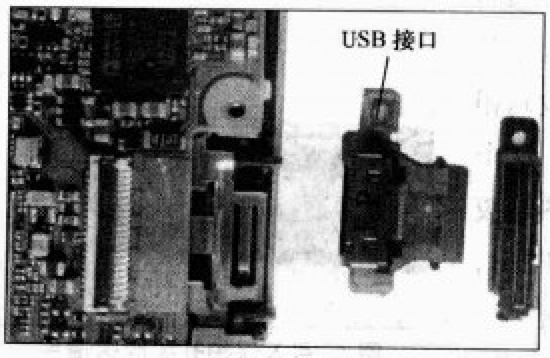


图 10

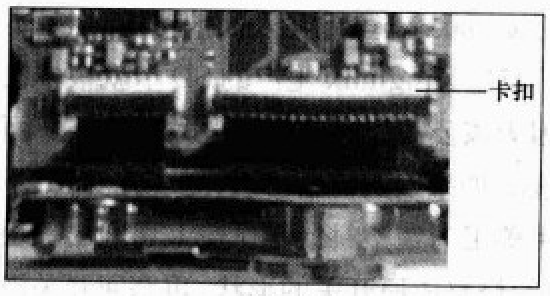


图 11

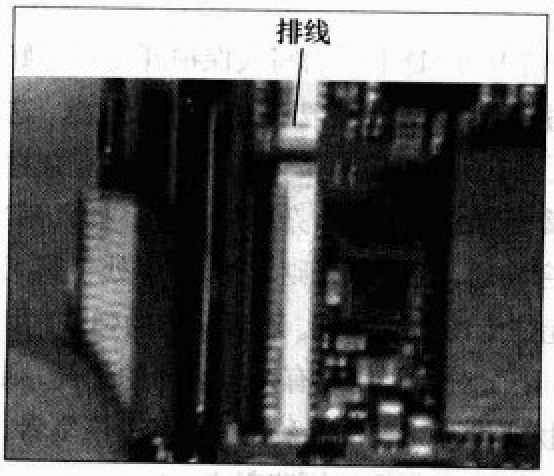


图 12

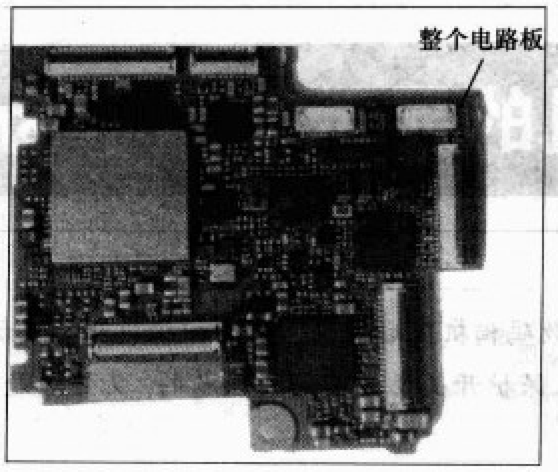


图 13

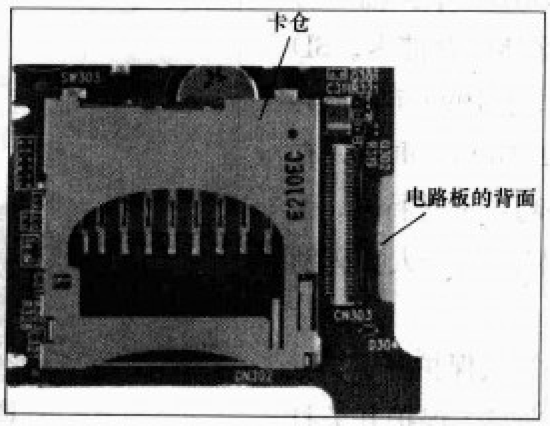


图 14

意电路板要放在干燥的地方，以免导致损坏。(7) 电路板反面就是卡仓了（图14），可以对卡仓进行清理和更换。注意：如果用液体清洗，要晾干后再进行使用，以免造成元器件的损坏。

2.在使用中偶尔出现拍摄后没有图像，把存储卡用读卡器连接电脑后卡里没有图片。

这样的情况一般是卡仓的某个触点与卡没有连接好，可以用扁平的刀片把卡仓的触点向上调整一下（图15），一般这样的问题就解决了。

3. 存储卡使用一段时间后，会出现容量下降。

这样的情况一般都是卡本身的问题，例如：512M的卡使用3个月后，存储图片到50M左右时，出现再也无法将图片存进卡中的现象，512M的卡只能当50M的卡用了。此时可以试试这

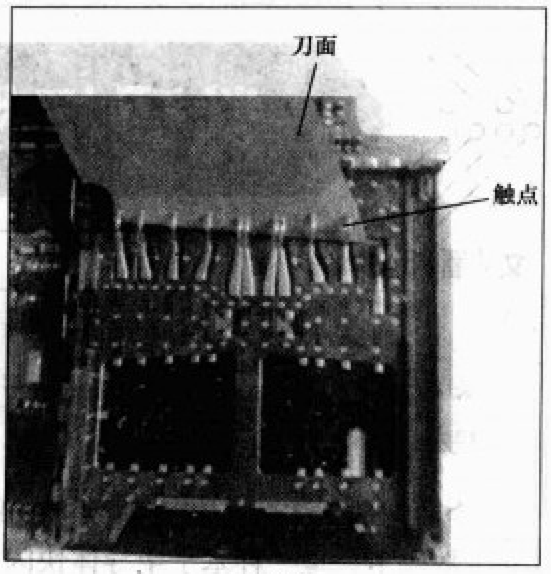


图 15

两招：一是对存储卡进行碎片整理工作，即格式化也就是通过读卡器连接电脑后在属性里面格式化。二是进行FAT格式化工作，在属性的格式化里点FAT格式就可以了（图16）。

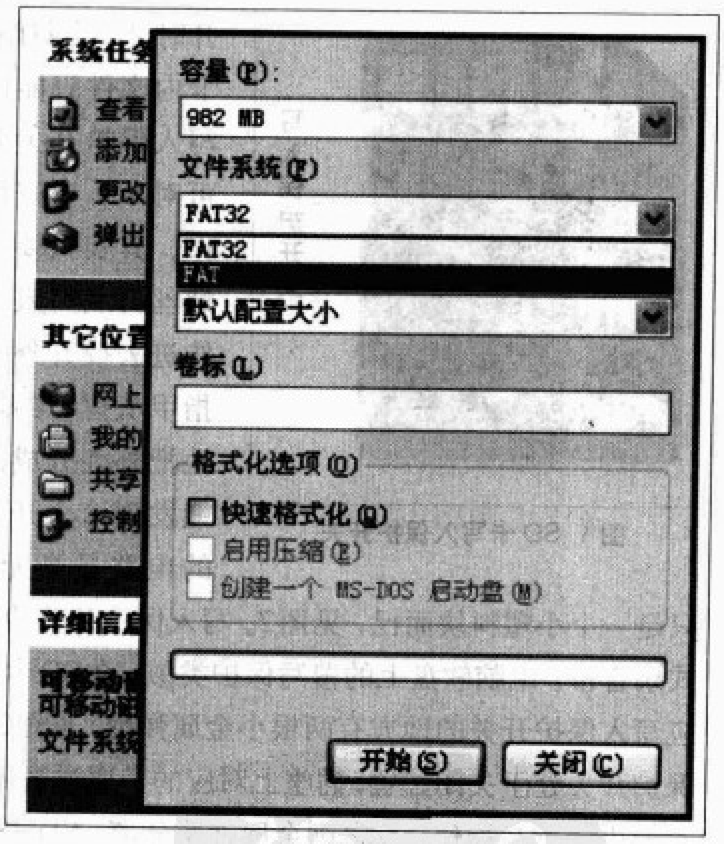


图 16

4.数码相机提示存储卡是否格式化。

当你格式化完以后还是在反复的提示你存储卡是否格式化，这样的情况有可能是卡坏了，也可能是卡仓内部检测系统有问题，如果你换了一张卡后还是不行，那就需要到维修人员那里更换一个新的卡仓。

数码相机的显示存储卡为何被锁定

文 / 潘邦文

引言：一天，朋友的SD卡放到数码相机里后开机，数码相机报错，显示存储卡被锁定。原以为是写入保护开关的问题，但是把卡拔出后发现写入保护开关的设置是没问题的。又怀疑是SD卡内部出了问题，后来把卡拆开，发现一个小小的秘密……

SD卡（Secure Digital Memory Card）中文翻译为安全数码卡，是一种基于半导体快闪记忆器的存储卡。SD卡由日本松下、东芝及美国SanDisk公司于1999年8月共同开发研制。大小为24mm × 32mm × 2.1mm，重量只有2g，但却拥有容量大、速率快、安全和小巧灵活等特性，因而被广泛地用于便携式设备上，例如数码相机、个人数码助理(PDA)和多媒体播放器等。

在SD卡的侧面通常有一个开关，即写入保护开关，见图1。当写入保护开关打开时，SD卡将限制写入，卡内文件只能读取。当写入保护开关关闭，便可对SD卡进行读写操作。其实只要用小一字螺丝刀从写入保护开关伸进去撬开外壳，再用指甲从撬开的地方小心地把外壳分成两半，就能发现这个开关与卡内的电路是毫无联系的，只是一个小塑料块而已，见图2。写入保护开关的原理与卡式录音带、电脑软盘上的覆写保护类似，在SD卡插座上对应写入保护开关的地方有两根小金属弹簧，见图3。当写入保护开关处于关闭位置，插座上对应的金属弹簧闭合，可以对卡进行读写操作，反之则金属弹簧分离，SD卡处于只读状态。实际使用中可能因为这个写入保护机制产生一些小问题而影响使用，下面就具体分析这些小毛病的产生及其解决办法。

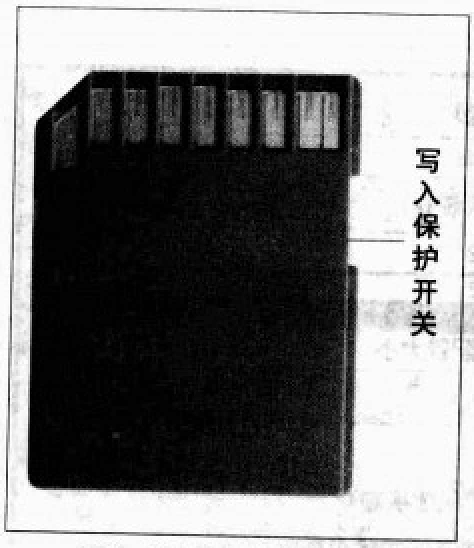


图1 SD卡写入保护开关

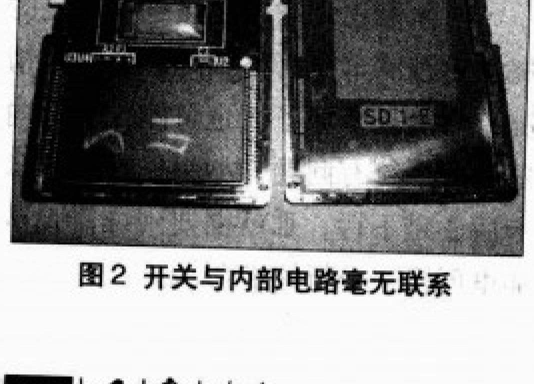


图2 开关与内部电路毫无联系

故障1：SD卡使用日久，可能导致写入保护开关塑料块从卡边缘的滑槽上脱落遗失，见图4，则SD卡变成只读状态而无法往卡内写入数据，甚至个别数码产品如数码相机会出现报错现象。这个时候可以用熔融的热熔胶填补开关遗失后的凹口，待热熔胶固化后用美工刀修整多余的部分，经填补后的卡将永远处于可读写状态（虽无写入保护功能，但基本不影响使用，个别厂商如Kingmax生产的SD卡就根本没有这个保护开关，因为该公司认为这个开关太容易损坏而使用率却极低）。当然，如果确实需要写入保护功能而又不怕麻烦的话，可以用美工刀在塑料饮料瓶盖上切削出一块小塑料粒，再把塑料粒修整成原开关的形状，再塞回开关滑槽上。

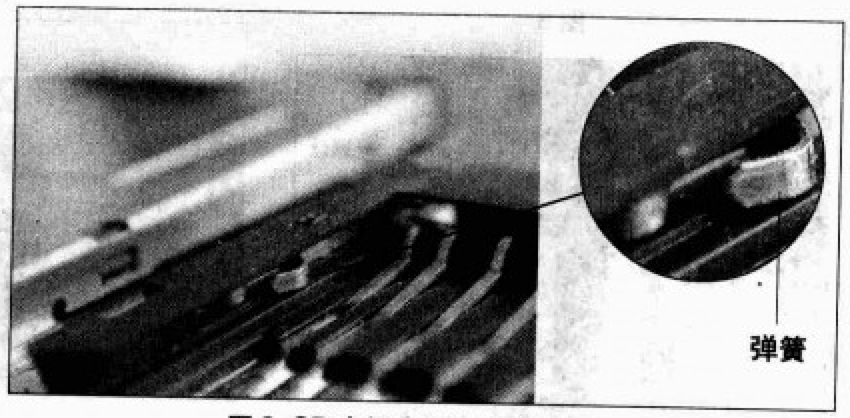


图3 SD卡插座侧边的小弹簧

图4 写入保护开关脱落遗失

故障2：另一种情况是SD卡上的写入保护开关是完好的，位置也在可读写状态，但是却无法往卡内写入数据。这往往是SD卡插座上图3中的金属弹簧变形、氧化或有杂物堵塞引起的。当弹簧变形、氧化或有杂物堵塞后，插入SD卡也不能使弹簧闭合导通，后续电路则认为SD卡处于写入保护状态，所以不能往卡内写入数据。对于变形的弹簧，用牙签或锥子纠正即可；而对于氧化或有杂物堵塞的弹簧，则须细心地刮除氧化物或剔除堵塞的杂物；对于难以恢复者，可以索性把这两个弹簧的引脚焊接短路起来。

彩电无彩色故障的检修实例

文/王玉龙

例1：一台海信TC2111彩电（LA7680机芯），无彩色。

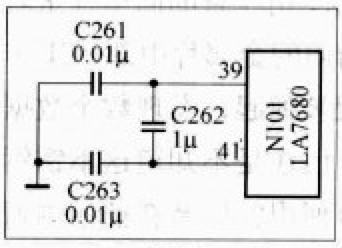


图1

该机的局部电路如图1所示，查主芯片N101（LA7680）41脚电压只有3V（正常5.5V～6.8V），说明N101内消色器已经动作。当在41脚与13脚之间并接一只22kΩ可调电阻，使41脚电压恢复至6V时，正常彩色图像出现。据此说明ACK电路本身有问题。于是首先查41脚外接ACK滤波电容C263（0.01μF），发现已严重漏电，更换后41脚电压恢复正常，彩色出现。

例2：一台康佳T5429彩电（LA7688机芯），无彩色。

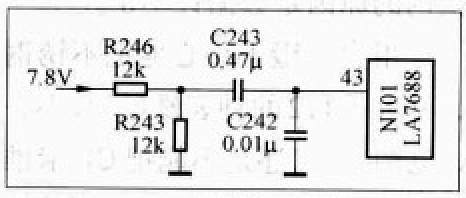


图2

该机的局部电路如图2所示，首先测主芯片N101（LA7688）18、27脚电压分别为0.3V和4.6V，表明制式选择已处于PAL制式下。测42脚有正常的副载波振荡波形，调整色饱和度键N101的17脚电压能在0.6V～4.0V范围内正常变化，但43脚（APC滤波）电压却只有0.7V（正常4.3V），检查该脚外接APC滤波电容C242（0.01μF）已严重漏电。更换后彩色恢复正常。

例3：一台长虹N2918彩电（AN5195机芯），无彩色。

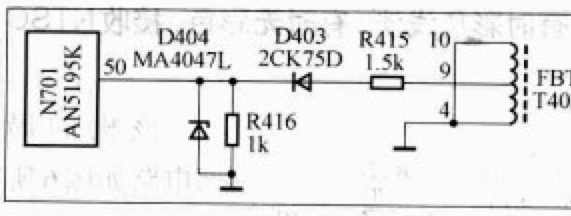


图3

该机的局部电路如图3所示，首先测主芯片N701（AN5195K）4脚（消色检测端）有2.9V电压，据此说明消色电路没有动作，至少说明副载波恢复电路和色度信号放大电路正常。接下来查1行基带延时线N702（TDA4665）14、16脚有色差信号输入，而11、12脚却无色差信号输出。考虑到N702正常工作必须要使N702的5脚有正常的沙堡脉冲输入，于是查N702的5脚却没有沙堡脉冲输入。该脉冲来自N701的62脚，查该脚的确没有沙堡脉冲输出。要使N701的62脚有沙堡脉冲输出，一定要50脚有行逆程脉冲输入才行，查该脚也无行逆程脉冲输入，该脉冲来自行输出变压器9脚。顺着查过来，终于发现是该脚限流电阻R415（1.5kΩ）开路。更换后彩色恢复正常。

例4：一台牡丹CT-54F1P彩电（TA8690AN机芯），出现无彩色故障。

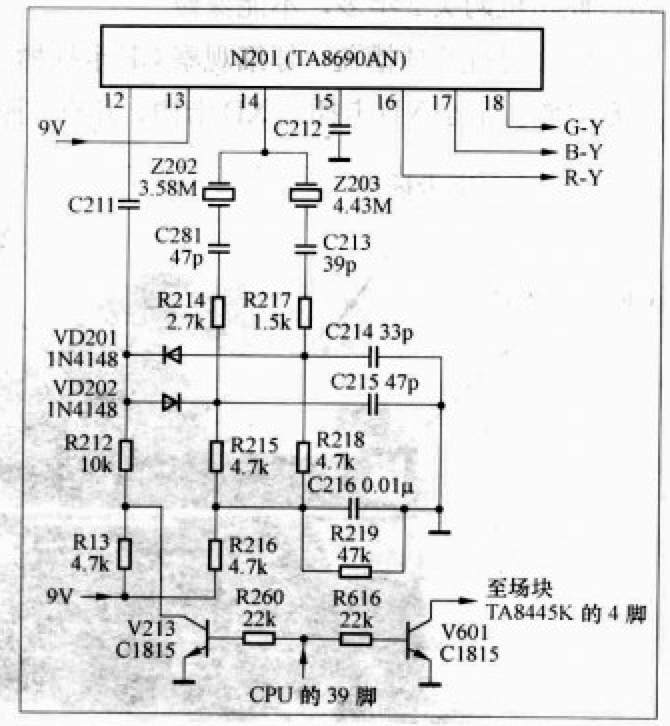


图4

该机的局部电路如图4所示，经查，主芯片N201（TA8690AN）35脚（色度信号输入兼50/60Hz场频识别）已是高电平，表明该机已是工作于PAL制式。测35脚有色度信号波形，但查14脚的副载波振荡波形杂乱无章。怀疑该脚外接晶振Z203（4.43MHz）不良，但更换后故障依旧。再查该脚外接电容C213（39pF）已基本失容。更换后故障排除。

例5：一台TCL-2911D彩电（OM8838机芯），内部高压打火后出现无彩色故障。

经更换主芯片IC201（OM8838）35脚外接晶振X202和电容C247，故障不变。测33脚有副载波波形输出，检查IC201的36脚外接色度锁相环滤波元件也无异常。考虑到I^2C总线彩电打火或雷击损坏可能导致存储器内存储的相关数据发生改变，从而出现多种故障，于是到TCL售后服务部购回原装存储块ST24C04换上后，故障立即消失。

例6：一台TCL-2101C彩电（TB1238AN机芯），出现无彩色故障。

首先将机器置于AV状态，从外部输入影碟机信号，发现也无彩色。接下来查主芯片IC201（TB1238AN）16脚（数字电路供电端）5V电压正常，然后查11脚外接晶振X202和谐振电容C201和10脚外接APC滤波电路元件，均未发现异常。怀疑总线数据改变导致无彩色。试更换存有原始数

富士 S9500 数码相机不能插卡的修理

文 / 张国武

朋友的一部富士 Fine Pix S9500 型数码相机，CF 卡不能推入 CF 卡插槽内，CF 卡弹出按钮也未弹起，还从插槽内掉出一不锈钢小弹片。开机后相机提示“无卡”不能照相。此相机购买 2 年多，不能保修。

检修时打开插槽盖，仔细观察 CF 卡插槽，见图 1，未发现异常。用小 XD 卡插入 XD 卡槽，开机、照相、成像都没问题。再关机打开插槽盖，观察 CF 卡插槽，用拉直的回型针试着推压卡槽内的金属片中部，CF 卡弹出按钮被弹起，发现数个数据针不正，但还是不知道这不锈钢小弹片有何用？应装在插槽内何处？后又找到同一型号的富士 S9500，观察对比 CF 卡插槽内部，发现不锈钢小弹片应卡在右边的小槽内，见图 2。它有固定 CF 卡的作用，CF 卡不能推入 CF 卡插槽内的原因是数据针不正。

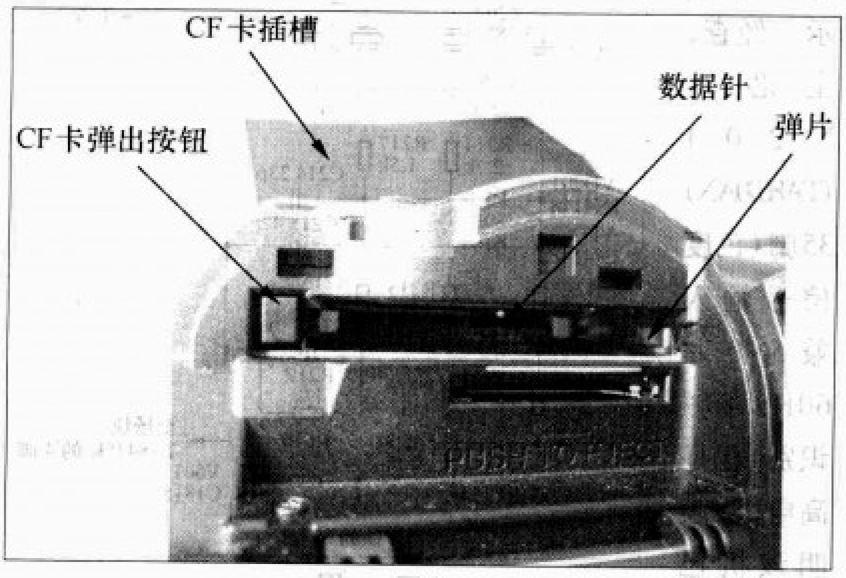


图 1

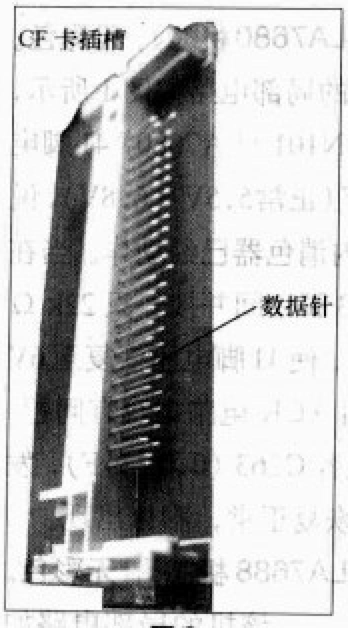


图 2

用尖头镊子小心地把不锈钢小弹片卡入右边的小槽内，再用 φ1.2 的钟表螺丝刀，小心谨慎地校正歪斜的数据针，见图 3，可还是不能把 CF 卡推入 CF 卡插槽内。再观察 CF 卡插槽内，发现还有个别数据针不正，耐心地校正歪斜的数据针，完成后 CF 卡能推入 CF 卡插槽内、开机、试照相成功。

据的存储器，也无济于事，最后只得怀疑IC201内部的色度解调电路损坏。果断更换主芯片IC201后试机，彩色终于恢复。

例 7：一台长虹 C2591C 彩电，出现所有制式下均无彩色现象。

该机的局部电路如图5所示，首先查N240（TDA8362）30、31脚有R−Y、B−Y色差信号输出，29、28脚也有R−Y、B−Y色差信号输入，显然N240内解码电路和N210（TDA4661）工作正常，问题可能是色饱和度控制电路或N240内矩阵电路损坏。于是先按动遥控器色饱和度按钮，同时测量N240的26脚（色饱和度控制）电压几乎为零且不变化。再查CPU（CH0501）4脚（色饱和度控制）电压却有微小变化。据此，表明故障在色饱和度控制接口电路。最后果然查出是滤波电容C054（100pF）严重漏电，更换后彩色恢复。

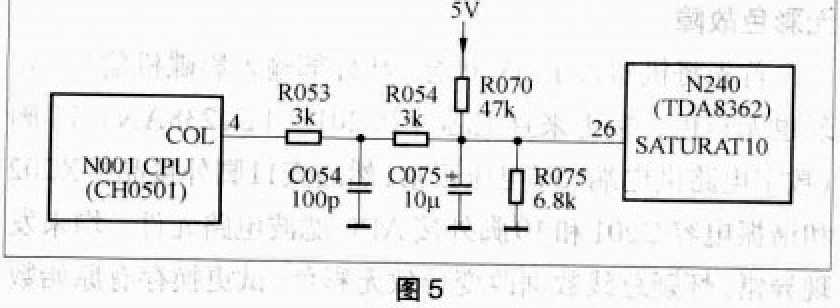


图 5

例 8：一台长虹 25B16 彩电（TB1238AN 机芯），出现接收 PAL 制图像时有时彩色浅淡，有时无彩色，接收 NTSC 制时无彩色。

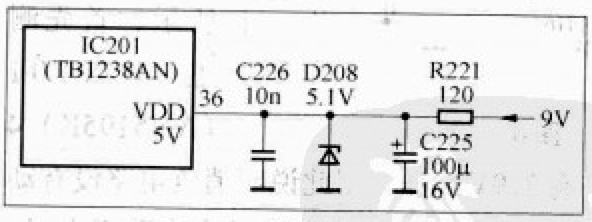


图 6

该机的局部电路如图6所示，首先测TB1238的10脚（APC滤波）电压为2.2V（正常）。由于本机芯只用一个4.43MHz晶振便可得到4.43MHz和3.58MHz的色副载波，怀疑晶振不良。但更换11脚外接晶振BC21和电容C211后故障不变。测TB1238脚电压，发现36脚（数字电路电源）电压只有3.3V（正常5V）。对36脚外接元件检查，发现稳压二极管D208（5.1V）有严重漏电（软击穿）。更换后，该脚电压恢复正常，彩色恢复正常。

笔记本电脑液晶显示屏背光灯驱动电路的维修要点

文 / 赵理科

在笔记本电脑维修工作中，显示屏电路一直是故障多发的“重灾区”，这主要是因为显示屏背光灯驱动电路中有高达1000V左右的高压，且很多维修人员又对该部分电路原理了解不深，导致很多比较容易修复的不能修复。本文着重介绍笔记本电脑显示屏背光灯电路的工作原理与维修要点。

显示屏背光灯驱动电路通常为一块单独的电路板，又叫电压升压板（Inverter）。这块电路板是专为液晶显示屏的背光灯提供工作电源的。液晶显示屏用的背光灯采用的是冷阴极荧光灯管（CCF），该灯管的工作电压很高，正常工作时的电压为600V～800V，而启动电压则高达1500V～1800V，工作电流则为5mA～9mA。因此显示屏背光灯驱动电路需要有如下功能：能够产生1500V以上的高压交流电，并且在短时间内迅速降至800V左右，这段时间持续1～2秒，高压交流电电压的变化曲线如图1所示。

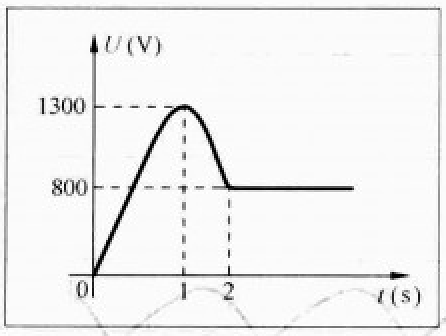


图1

由于显示屏背光灯驱动电路提供电流的大小将影响冷阴极荧光灯管的使用寿命，因此输出的电流应小于9mA，且需要有过流保护功能。出于使用的考虑，要有控制功能，即在显示暗画面的时候，灯管不亮，该控制信号可以由主板上的MCU 电路提供。

显示屏背光灯驱动电路是一种DC−AC 转换电路，它的作用是将12V 直流电压转变为高频的高压交流电，这部分电路的工作流程图如图2所示，目前笔记本电脑液晶显示屏背光灯驱动电路通常采用BA9741F芯片作为控制电路。

根据笔记本电脑液晶显示屏屏幕的大小，背光灯管有2个或者4个，14英寸以下的液晶显示屏，一般为2个灯管，14英寸以上的液晶显示屏通常为4个灯管，BA9741F驱动4个灯管的电路如图3所示。在图3电路中，驱动板信号输入插座输入3个信号：12V 直流输入电压 V_{IN}、工作使能电压“ON/OFF”及液晶显示屏的亮度调节信号“亮度ADJ”。其中12V 直流电压由电源电路提供。工作使能电压ON/OFF由笔记本电脑主板上的MCU提供，其值为0V或3V：当工作使能电压为0V时，显示屏背光灯驱动电路不工作；当工作使能电压为3V时，显示屏背光灯驱动电路处于正常工作状态。液晶显示屏的亮度调节信号也由笔记本电脑的主板提供，其变化范围在0V～5V之间，将不同的电压值反馈给PWM控制器反馈端。显示屏背光灯驱动电路向负载提供的电流也将不同，控制电压值越小，显示屏背光灯驱动电路输出的电流就越小，笔记本液晶显示屏的亮度就越暗。在图3电路中，最关键的就是BA9741F芯片，该芯片是双通道输出的PWM驱动调整芯片，其工作电压范围为3.6V～35V，引脚功能如附表所示。

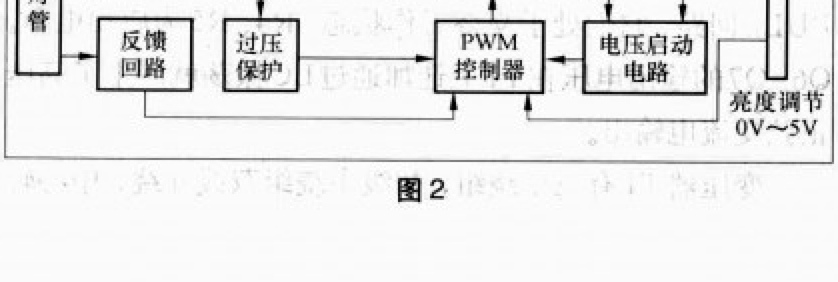


图2

附表

引脚	名称	功能	工作电压值
1	CT	外接振荡电容	1.64V
2	RT	外接振荡电阻	1.07V
3	NON1	放大器同相输入	0.51V
4	INV1	放大器反相输入	0.52V
5	FB1	内部误差放大器输出端	1.53V
6	DT1	死区（过压）保护端	2.48V
7	OUT1	脉冲电压输出端	2.30V
8	GND	接地端	–
9	VCC	电源供电端	12V
10	OUT2	脉冲电压输出端	2.60V
11	DT2	死区（过压）保护端	0.49V
12	FB2	内部误差放大器输出端	1.53V
13	INV2	放大器反相输入	0.50V
14	NON2	放大器同相输入	0.51V
15	SCP	过流（短路）保护端	0V
16	VREF	基准电压（2.5V）	2.48V

图3所示的电源开关控制回路，由带阻尼三极管Q5和Q3组成。当工作使能电压ON/OFF为低电平（0V）时，Q5管处于截止状态，Q3管也截止，此时Q3管集电极上的直流电压不能加到U2（BA9741F）的9脚，所以U2因无工作电压而不工作，导致整个显示屏背光灯驱动电路就不工作。当工作使能电压ON/OFF为高电平时，此时Q5管饱和导通，Q3管基极被拉低，故Q3导通，其集电极上的12V直流电压加至U2（BA9741F）的9脚，U2启动工作，U2

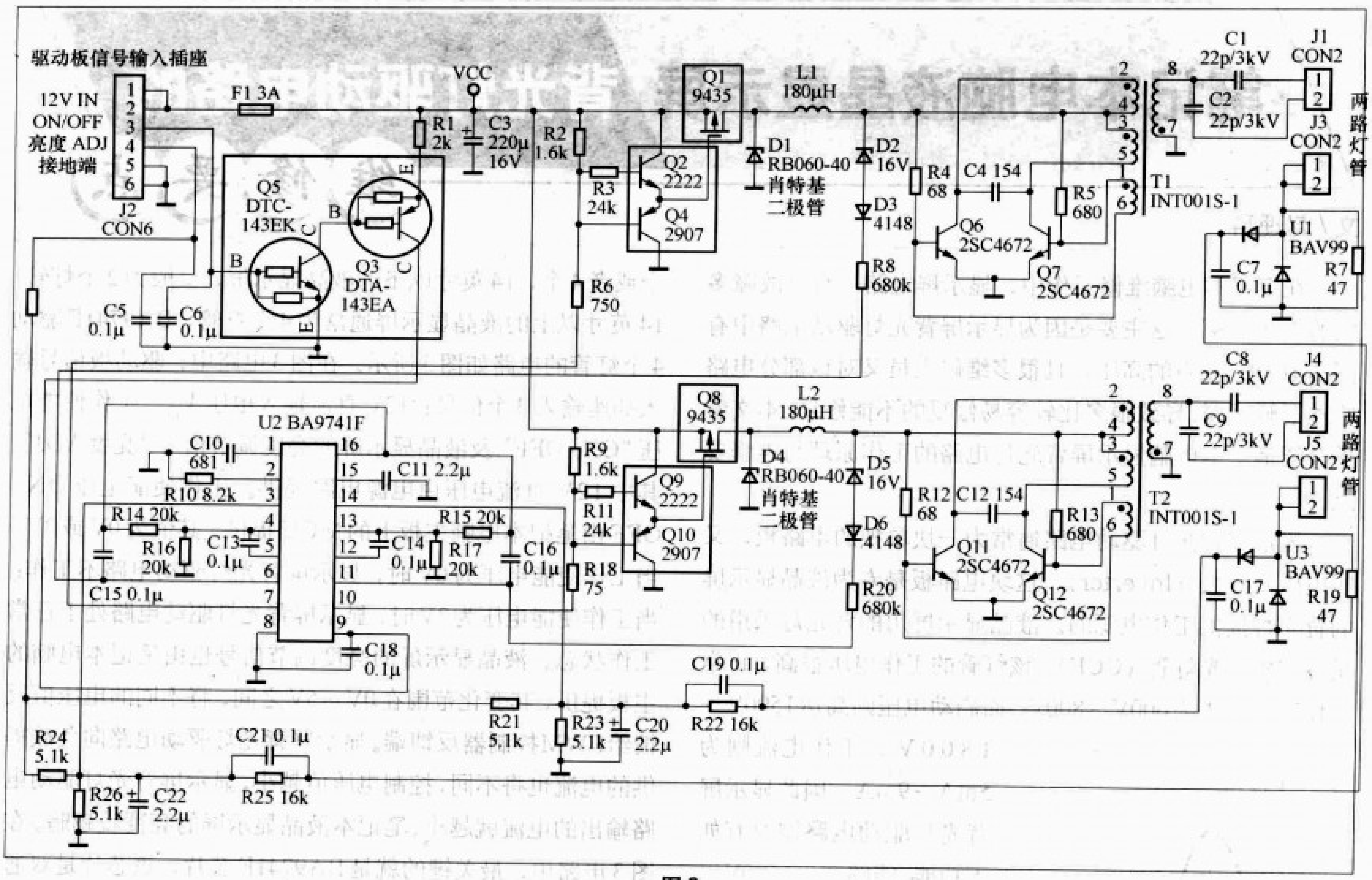


图3

就有脉冲输出去控制开关管工作，整个显示屏背光灯驱动电路就处于正常工作状态，输出高压去点亮液晶显示屏的背光灯灯管。

振荡器U2的频率可以通过在2脚RT端与接地端之间串接一个电阻来设置，其范围为10kHz~800kHz，因此振荡电阻的取值范围通常在5.1kΩ~50kΩ之间。U2的6、11脚为死区（过压）保护端。在6、11端与接地端之间接一个电阻，就可以得到一个死区参考电压，它与振荡器输出的三角波电压进行比较。当该电压等于或大于1.79V时，输出的占空比为0%，如果该电压等于或小于1.32V时，输出的最大占空比为100%。当输入电压过低时，欠压保护电路将关闭输出晶体管的输出；当输入电压低于3V时，将复位短路保护电路。

BA9741F内部有一个短路保护回路，当转换器的输出发生短路时，它将切断电源；当SCP回路处于工作状态时，它将阻止开关打开直到内部电路被复位。可以通过用减少输入电压直到欠压电路起作用或通过外部拉低SCP端。

开关管Q1和储能电感L1及D1组成电压变换电路，BA9741F输出的脉冲经过Q2、Q4组成的推挽放大器放大后驱动MOS管Q1，使得直流电压对L1进行充放电，这样就从L1的另一端输出了如图4所示的交流电压。由于电路

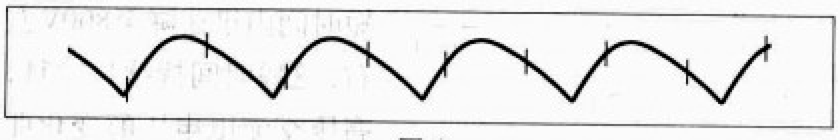


图4

中的MOS开关管Q1采用P沟道场效应管，因此当U2输出脉冲为低电平时对L1进行充电；高电平时Q1截止，L1放电。L1主要起前后隔离作用，为后面PUSH-PULL电路部分提供持续的电流源，电感量的高低可决定电流波纹的大小。

Q2、Q4组成的推挽放大电路起放大作用，由于U2输出脉冲的电流较小，不能直接驱动MOS管Q1工作，因此必须加上放大电路加以放大，这样可以降低Q1的工作温度。过压保护电路利用BA9741F的DTC死区控制电路来进行工作的。当L1输出电压过高超过D2管的稳压值16V时，D2管将会被击穿，通过D3使6脚的电压高于1.79V，内部死区控制电路就关闭输出晶体管的输出。

C4和T1的初级线圈组成LC振荡，Q6、Q7组成PUSH-PULL回路，它们处于交替工作状态，R4、R5为启动电阻。Q6、Q7的输出电压在T1上迭加通过LC振荡就产生了高压正弦交流电输出。

变压器T1有三个绕组，初级主绕组双线并绕，中心轴

计算机主板上电容失效引发的故障

文/刘 宏

例1：联想开天4600型台式机，开机后电源指示灯亮，但计算机 “嘟噜噜”叫个不停，屏幕无显示。开始怀疑内存有问题，更换内存后故障依旧。试着拔下输入设备重新启动，当拔下键盘后，屏幕有显示，并提示键盘错误，更换键盘后故障依旧。

分析与维修：根据故障现象，判断故障出现在键盘接口电路上。该产品采用的是由技嘉生产的GA_8IDXI主板，在主板的外部接口线路中，采用C181电容排作为接口保护，故障可能出现在标注为C181的电容排上。拆下主板，利用风焊机拆下键盘接口后面的电解电容EC11，可以看到标注为CN1的8脚贴片元件C181，用风焊机将C181焊下，换新的电容并组装好，故障排除。

提示：该机是开天系列的早期产品，厂方无配件可换，二级维修成本较高。由于原机面板控制线的插脚不通用，所以更换主板不太方便，但主板仍有修理价值。

例2：IBM Netfinity3000型服务器在运行过程中死机，重新启动后，服务器自检速度极慢，自检结束屏幕提示键盘错误，更换键盘后故障依旧。

分析与维修：自检速度极慢，更换键盘无效，判断为键盘接口电路故障或主板的其他问题。打开机箱，仔细观察主板，发现主板电池附近的3个电解电容C345、C346、C348的顶部有向上鼓起现象，怀疑这些电容已经失效。这些电容的标注为560μF/16V，我用耐压16V、容量470μF电解电容代用，重新启动服务器，故障排除。

头3、4脚连接到电感L1，2脚和5脚连功率三极管Q6和Q7的集电极，初级次绕组1脚和6脚连到Q6和Q7的基极，所以当一边导通时，保证另一边截止，导通的一边可以产生半个近似的正弦波，两边轮流导通，形成整个正弦波，通过变压器，在次级产生一个大于1300Vrms以上的高压去点亮灯管。变压器T1的工作频率由C4和变压器主绕组的电感量决定。C4影响共振频率并在变压器初级产生正弦的电压信号。

在输出端，C1、C2为耦合分压电容。当负载灯管（液晶显示屏的背光灯灯管）未点亮时，输出回路没有导通，C1、C2没有压降，由T1产生的约1300V的高压电通过电容耦合作用加在液晶显示屏的背光灯灯管（CCFL，冷阴极荧光灯）两端，这样就满足了冷阴极荧光灯的启动条件，液晶显示屏的背光灯灯管被点亮，此时输出回路导通，有电流流过电容。由于电容有容抗存在，因此电容两端就产生了压降，选择电容的数值就可以使通过电容衰减后加在负载两端的电压变为800V左右的工作电压。

当负载工作时，在R7两端有交流电压存在，该电压经过双二极管U1、C7整流滤波后，得到一个直流的采样电压，通过电阻分压后将该电压反馈给BA9741F的放大器反相输入端（3、14端），用于反馈控制BA9741F输出脉冲的占空比，起到稳定输出高压的作用。

笔记本电脑显示屏背光灯驱动电路出现故障后最常见的故障现象就是画面暗或者画面亮一下变暗以及画面闪烁等。画面暗或者画面亮一下变暗故障的检修流程图如图5所示，画面闪烁故障的检修流程图如图6所示。

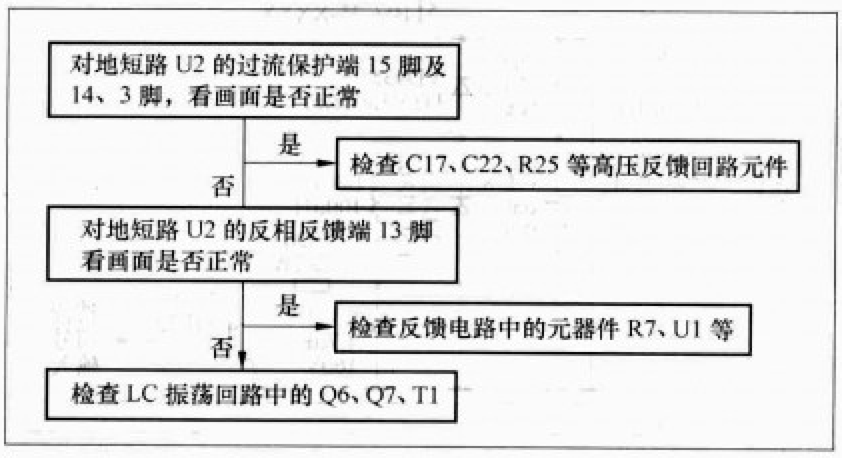


图6

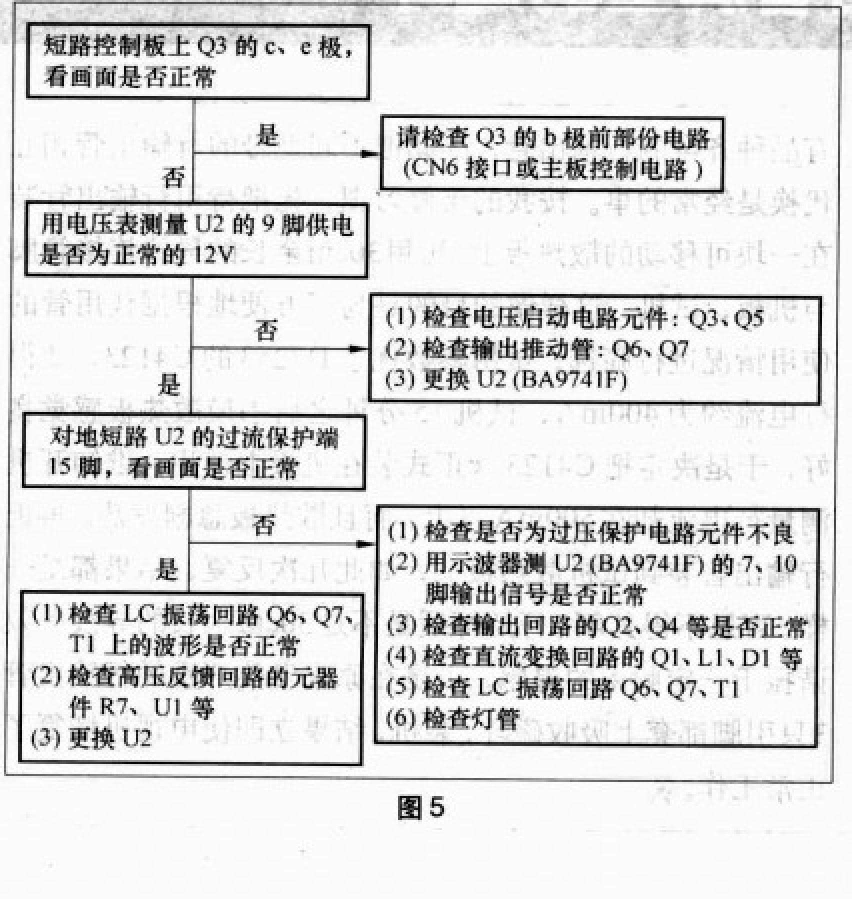


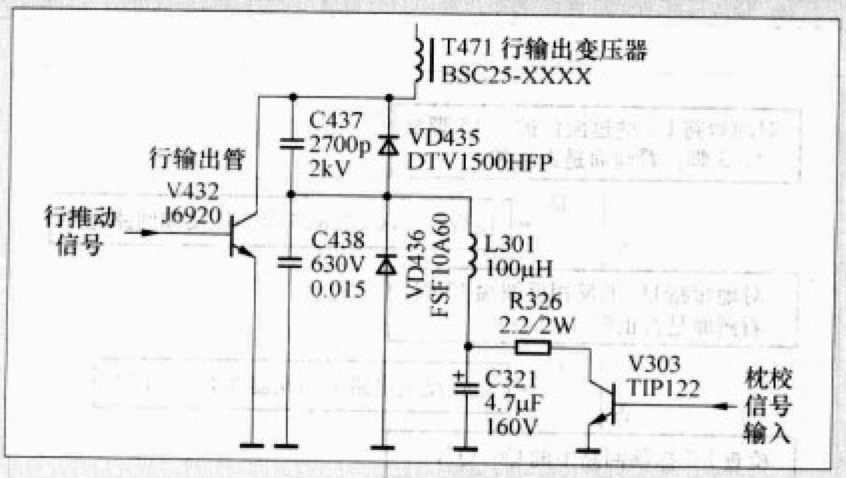
图5

电视机行幅偏大的检修

文 / 张庆辉 胡献满

一台厦华 MT-2935A 型 HDTV 电视机行幅偏大。

分析与检修：进入工厂菜单的调整行幅项“HSIZE-PAL”，调整数据至行幅的最小值，行幅仍然很大，说明不是软件的数据问题。测行枕校输出管 V303（C3852）的 c 极电压，只有 6.78V（正常值是 17.5V 左右，该点的电压值与行幅的大小有关，电压越低，行幅越大），说明行幅过大是枕校管 V303 的 c 极电压过低引起的。该管的 c 极电压是由行输出级的下阻尼二极管 VD436（FSF10A60）、上逆程电容 C437（2700pF/2kV）、L301（100μH）、C321（4.7μF/160V）产生的（见附图）。如果以上这些元件有问题，同样会造成行幅过大。因此断开 V303 的 c 极输出电阻 R326（2.2Ω），测 R326 接 L301 的电压值仍然为 6.78V 左右，说明故障是行输出级的故障引起的，与枕校放大驱动输出电路无关。检查上述的几个元件，无异常，因 L301 是一个电感，用万用表较难判断出好坏，采用替代法，更换 L301（180μH），开机，R326 接 L301 这端的电压已经恢复为 42V 左右，此时行幅很小。恢复 R326 接 V303 的 c 极的焊点，开机，测 V303 的电压值为 17V 左右，重调行幅数据，故障排除。



小结：L301 是枕校信号的输出电感，对场频抛物波相当于短路（场频抛物波为低频信号，电感具有通低频阻高频的特性），对行频扫描信号呈现出较高的阻抗。其在行逆程结束后与下逆程电容产生的并联谐振使下阻尼二极管导通，在 C321（4.7μF/160V）上产生一个直流电压值。如果该电感有局部的匝间短路，产生的直流电压值将降低，用万用表较难判断出好坏。检修该类故障，通过断开枕校三极管的输出电阻看行幅是否会变为很小，可迅速区分出故障范围（注：不可长时间的使机器处于该状态，否则会造成下阻尼二极管击穿）。如果行幅变小，则故障在枕校驱动的放大电路上，多为枕校输出的三极管的 c、e 极软击穿。对于采用负压调制输出的枕校电路（下阻尼二极管负极接地的，如厦华 S2935 彩电的电路，断开枕校输出电阻时，行幅会变大，对这点要注意区别）。

不要忽视行输出管脚上的磁环

文 / 刘爱芬

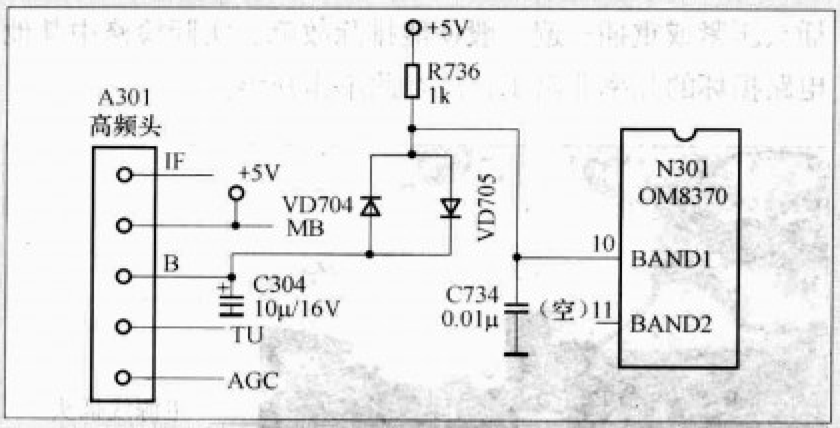
在彩显的传输线路中，常见有各种磁环穿戴在信号线上。这些磁环的作用是减少高频杂散信号对有用信号的干扰，因而，这些磁环被叫做抗干扰磁环或吸收磁环。在普通电视机的行输出电路中也常常可以见到有些机型的行输出管的管脚就穿戴着这样的磁环。以往，由于我对这些磁环的作用认识不足，因此，在更换行输出管时，往往把套有磁环的坏管随手丢弃，而没有把磁环装在好管上。这样做十几年来居然也没有发生什么大的事故。最近在更换一台长虹 D2962A 机的行输出管时，却使我受到了深刻的教训。具体过程是这样的：我在用户家中检查出该机的行输出管已经损坏，于是当场把损坏的 D2253 行输出管拆出交给用户。为了仔细查明行管损坏原因，在获得用户同意之后，我把机板拆下，带回店里修理。由于店里也不可能备有品种齐全的行输出管，因此把不同型号的行输出管相互代换是经常的事。按我的维修习惯，先把待用行输出管装在一块可移动的散热板上，再用 30cm 余长的导线连接管脚与机板，试机。这样做的目的是为了方便地根据代用管的使用情况进行筛选。试用参数优于 D2253 的 C4123，测得行电流约为 400mA，试机 15 分钟之后手摸散热板感觉良好，于是决定把 C4123 管正式装在机板上使用。谁知开机测量行电流却在 500mA 以上，而且散热板急剧发热。再把行输出管装到试机散热板上，如此几次反复，结果都是一样。百思不得其解，开始怀疑是不是 30cm 余长的导线等效谐振于一定频率的电感，于是在原来发热严重的行输出管 3 只引脚都套上吸收磁环，装机，结果立即使电视机恢复了正常工作。

超级单芯片彩电接收不到任何信号的检修

文/曲 静

一台海信TF2107F(1)型超级单芯片彩电无图像无伴音。自动搜台时，屏幕显示的相关信息正常，但是满屏噪粒子，不见任何电台信号。

检修：该机采用5脚高频调谐器，超级单芯片采用OM8370，相关电路见附图。自动搜台时，测高频头调谐电压输入脚TU端，电压可以由0V～30V变化，但波段输入脚B端电压始终为4V。再测单芯片N301的10脚（CPU波段电压输出脚，本机11脚未用）电压，不论在哪个波段始终为高电压4.7V。由于该高频头不是总线高频头，按理波段控制脚B端电压应有高、中、低的变化，现在不变，肯定不正常。



查R736、VD704、VD705、C734、C304等外围元器件，均正常。难道N301有问题？把N301的10脚悬空，再自动选台，10脚电压仍始终于4.7V，且收不到节目，看来N301是有问题。为了进一步验证，恢复10脚电路，把VD705一脚悬空，再进行自动搜台，结果3个波段均为V_L段节目，测高频头B端电压为0V，看来的确是超级单芯片损坏了，也证明了笔者对高频头波段电压变化的分析是正确的。到厂家特约维修部购得一块OM8370换上，能自动搜台，所有有线电视节目全收到了。在3个波段，高频头B端电压呈高、中、低变化，V_L段为0.59V；V_H段为2.95V；U段为4V。由于本地有线电视无U段节目，故障时当然无信号了。

提示：换超级单芯片往往要进行总线调整，该机场中心和场幅就需调整。该机进入总线的方式是：同时按下遥控器上的“屏显”和“静音”键，再依次按数字键“9”、“8”、“0”，即可进入总线调整系统。如果一次不能进入总线调整系统，可重复几次上述操作。进入总线调整系统后，用菜单键转换到需调整的屏显内容，再用“台位增减”和“音量加减”键调节，调整好后用遥控关机即可。

维修技巧一点通

巧修显像管

文/张兰家 贾 凡

显像管是彩电的核心部件，实践中如能成功修复价值不菲的显像管，总是很令人欣慰。

前不久，到朋友家里修一台松下29英寸高档彩电。开机无光，开盖检查发现灯丝能点亮，测得阴极电位正常、加速极电压为零，很显然是加速极无电压的原因，脱开显像管加速极的管脚，再测加速极电压正常，确定是显像管的故障，是加速极对接地的栅极短路。朋友了解情况后很沮丧，同时也鼓励我大胆维修。于是我就采用点击法维修，用手头的一只带引线的20μF/AC400V的交流电容插到市电的插孔对其充电，瞬间完成，然后用电表测量其两端的电压，找到正负端（注意：不是说电容的正负极，交流电容也没有正负极，而是指充电后，一个引线相对为高电位，另一个相对为低电位）。由于容量不大，在用表笔测量电压的过程中，电容上的电压就会慢慢地降低，待其下降到150V时，开始电击操作，一手拿着电容的低电位引线接显像管的接地引脚，另一手拿着电容的高电位引线点击加速极引脚，“啪”的一声，显像管内部有打火放电的声音，满怀期待地测加速极对地的电阻，仍然为零。重复以上的过程，提高一点电击的电压，这次等电容上的电压下降到180V时就开始电击，同样，显像管内部仍有打火的现象，完毕，再测加速极对地电阻，果然无穷大，再充满信心试机，OK！机器一切正常。

本机的检修十分顺利，只用一只带引线的交流电容，甚至不用电烙铁，堪称事半功倍。

提示：这种办法的明显优点：一是取材简单，操作方便，初学者在很短的时间也能完成。二是安全可靠，机动灵活，因为电容上的电量不多，用点击的办法放电，容易控制，而且一开始我们可以用较低的电压，根据情况，逐渐提高电压，多次重复，效果很好，也不会有什么危险。如有机会，大家不妨一试。

佳能S系列数码相机
闪光灯不弹出的检修

文/潘邦文

数码相机现已成为人们工作和娱乐生活的好帮手，当它出现一些小毛病时，心灵手巧、胆大心细的朋友是完全可以自己应付的，下面介绍佳能S系列长焦数码相机闪光灯不弹出的原因及处理方法，供大家参考。

佳能S系列长焦数码相机采用自动弹出式闪光灯，该相机的闪光灯自动弹出机构如图1所示。从图中可见闪光灯支架的根部前有一黑色拉钩，当合上闪光灯时此拉钩牵拉着闪光灯从而保持其闭合。闪光灯支架内有一张力弹簧，此弹簧使支架持续受到一个张开的力。当拉钩向前移位，不再扣着支架内的卡扣，支架因被释放而弹起。其实此拉钩是一个杠杆，杠杆的另一个力臂由一个电磁铁控制，图2中红色的圆柱体即为电磁铁。当电磁铁通过一个脉冲电流，中间衔铁动作带动杠杆动作，拉钩释放，闪光灯弹起。

造成闪光灯不弹出有两种可能，一类是电路故障，检修时，耳朵凑近机壳顶部，选择强制闪光，如果无电磁铁动作的声音，说明存在电气故障。用钟表起子卸下所有螺丝，小心拆开机壳，拿出闪光灯组件，用万用表电阻挡测电磁铁的两根引线（图2中红色和黑色的导线），如阻值为无穷大，说明电磁铁内部开路，更换同规格电磁铁即可。业余条件下很难找到同规格电磁铁，可用同规格漆包线重绕线圈的方法修复，匝数大致相仿即可。如果电磁铁检测正常，则通常为闪光灯组件的电源线或导电带的插头接触不良或松脱，图3中显示的有导线连接的绿色塑料件为电源线插头，把这些插头压紧或重插一遍一般便能排除故障。实际检修中其他电路损坏的几率非常少，故在此不作介绍。

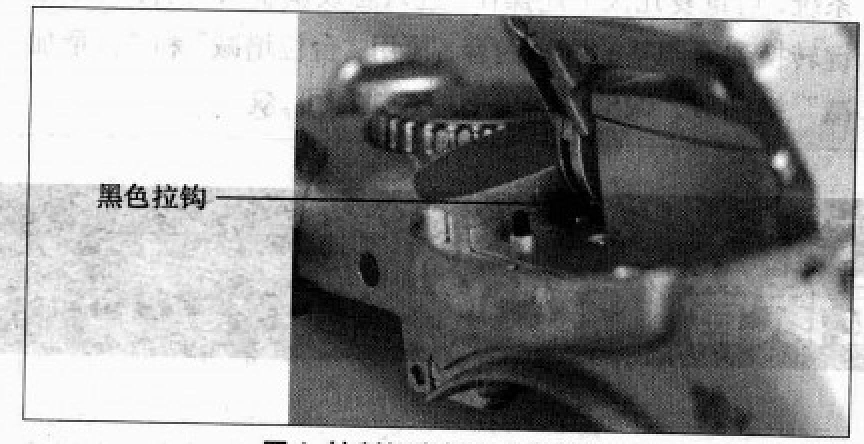


图1 控制闪光灯开合的拉钩

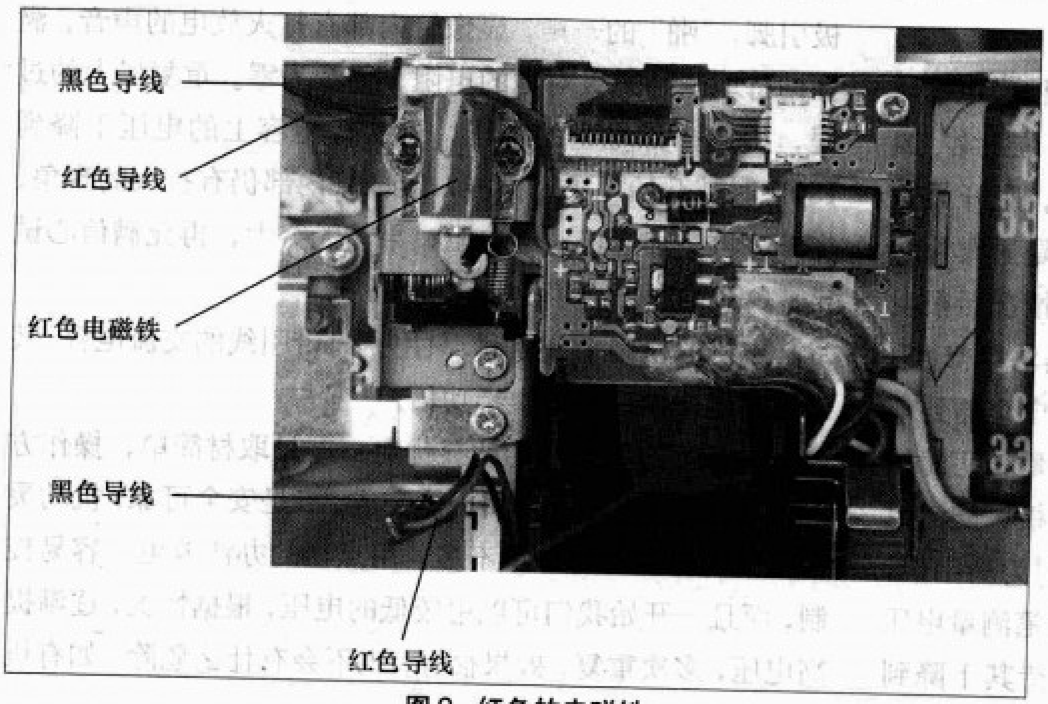


图2 红色的电磁铁

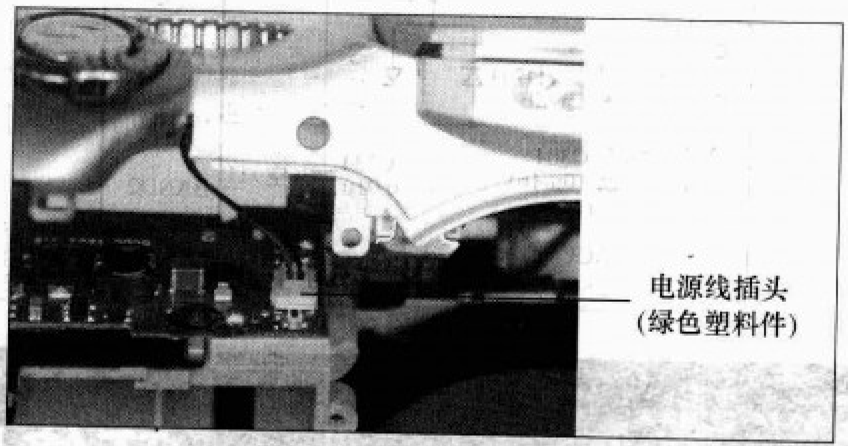


图3 闪光灯组件电源插头

另一类是机械故障，即可以听到电磁铁动作的声音，但闪光灯仍然不弹出。这是因为拉钩杠杆、张力弹簧移位，导致阻力增大而引起动作涩滞甚至不能动作。这时只要细心观察其机械结构，使各零件恢复原来位置即可。

如果您的机器尚在保修期内，这些工作还是由厂商的售后服务部门代劳，因为机器一旦自行拆开即失去保修了。在拆卸螺丝时一定要记住各种螺丝的位置并用小盒子装好慎防跌落，因为不同规格的螺丝是不通用的，而且细小的螺丝一旦掉到地上便很难寻找。另外需要注意的是，闪光组件内有高压储能电容（体积最大的电解电容即是），要提防电击，可用白炽灯短路其引脚放电。虽然本文针对的是佳能S系列长焦数码相机，但对同类型自动弹出式闪光灯的弹出故障维修仍具有借鉴意义。

巧妙修好U盘上的硬件故障

文/周顺生

洗衣服时没注意将U盘（图1）和衣物一起在肥皂水中泡了十几分钟而

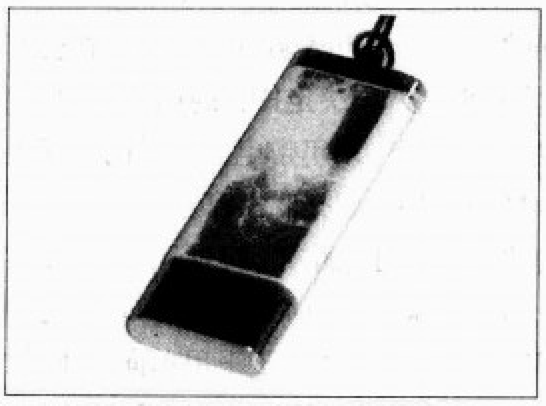


图1 我的七彩虹晶彩256M U盘

后在搓洗时才发现我的宝贝U盘。赶紧掏出晾了一晚上，心想不会有太大的问题，于是就接在计算机上试试。不曾想计算机仅报告USB接口有不明的设备。这下大事不好，赶紧拆开U盘，哇！里面还有水，马上用电吹风吹干，晾干、晾凉。再接上试试，这次计算机认U盘了，也能读出文件，但在写文件时报告“介质写保护”不能正常进行。啊！“！·#￥%　—*”再用什么MFORMAT.EXE或U盘应急维修程序(PDx8_2k_v316.exe)等软件去整治，它一概是“介质写保护”。仔细观察我的U盘周身，没有写保护开关，现在不少的U盘这个开关都省了。难道这是U盘有电路故障吗？细想一下有可能是U盘的元器件因进水被击穿损坏。再次拆开U盘，仔细检查发现有一个长约1.5mm、宽约0.7mm电阻

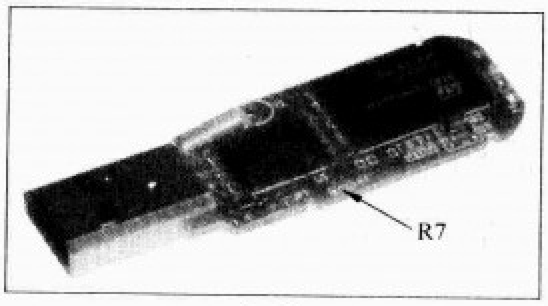


图2

（标有R7）被崩开，电阻太小，放大镜下才看清楚（图2）。

既然是一个电阻坏了，先找一个合适的焊上就行了，但是如何操作呢？这小电阻不容易买来，忽然想起来，我的一个坏硬盘上有这么大的电阻（图3），如何把它焊下来，怎样将它焊在U盘上呢？我想到了一个好的工具——圆规（图4），它的一端可以夹住小电阻，最好是将这个小工具从

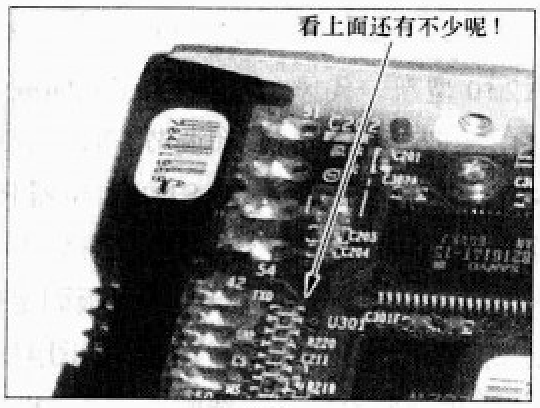


图3

圆规上卸下来。夹住小电阻把后面的螺帽拧紧（图5），然后用电烙铁把小电阻焊下来，拿着小夹子放到U盘的电路板上，对好位置，用电烙铁轻点一下就焊上了。注意在焊接时电烙铁不能在电路板上停留的时间太长，如果停的时间太长就可能烧坏其他元器件或将小电阻的焊盘（电路板上的焊接

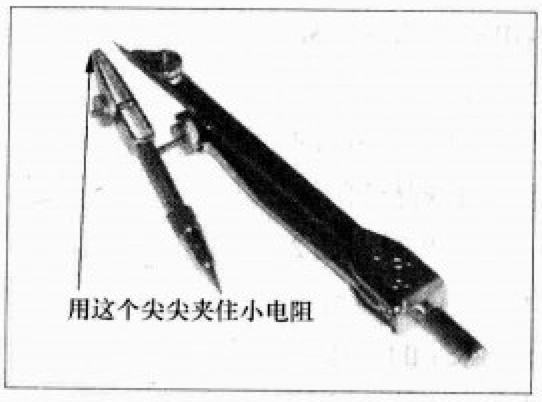


图4

点）烫坏。焊好小电阻后（图6），接到计算机的USB口试试，读、写、格式化都正常，将U盘的外壳装好，此U盘又可以像以前那样正常工作了。

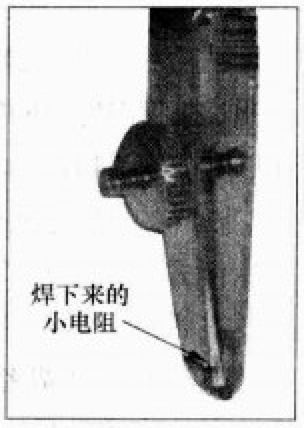


图5

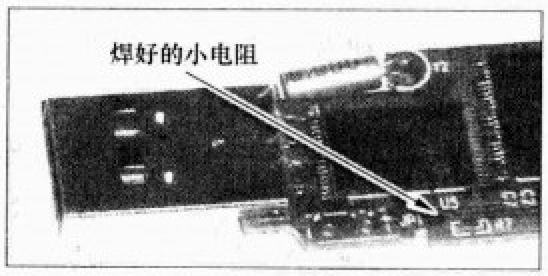


图6

感受：用圆规的固定尖端夹住元件进行焊接维修较小的元件的好办法，这比用小的尖镊子夹着操作容易一点。

什么是U盘

随着社会的发展，移动存储设备使用的机会越来越多，在生活中我们经常使用的U盘就是移动存储设备的一种，U盘即USB盘的简称，是闪存的一种，因此也叫闪存盘。它的特点是：小巧便与携带、存储容量大、价格便宜。一般的U盘容量有256M、512M、1G、2G、4G、8G等，现在市面上1G、2G和4G用得比较多。它携带方便，属移动存储设备，数据安全性高。我们可以把它挂在胸前、吊在钥匙串上、甚至放进口袋里，随时可以使用。（**龙海升**）

新型氧吧台灯

维修3例

文 / 王德沅

随着生产和科技的不断发展，环境污染问题也越来越严重，在我们生活的空间中充满了各种烟尘、细菌、悬浮粒子、花粉尘等颗粒，人体吸入较多这类微粒，很容易引起咳嗽、肺结核、支气管炎等各种过敏现象和病症，尤其是长期在密闭式大厦或通风不良的房屋中工作或生活的人们更是深受其害。所以近年来，能够净化和改善空气质量的电子电气器具就很受消费者的青睐，各种产品应运而生、层出不穷。其中负离子发生器或臭氧发生器是家用净化空气器具中的主要产品。本文结合SIMPLE（森普）A230型新一代风格氧吧台灯的3个维修实例来介绍氧吧台灯的维修，供大家在维修此机及同类产品时作参考。

图 1

森普A230型新一代风格氧吧台灯由深圳森普电器有限公司生产，它主要由氧吧（空气净化器）和电子调光台灯两部分组成，其外形如图1所示。氧吧用来产生和释放负离子，提供新鲜氧气，自动调节空气中负氧离子的含量，以达到净化空气、杀菌、除味和除霉等效果。调光台灯的功能是照明，通过不同明暗光线的调节，提供柔和温馨的居室氛围。这种净化产品适用于家庭、会仪室、办公室、医院和电脑房等场所。

例1：插上电源插头后，拧动电源开关至开启位，台灯不亮。但是启动氧吧可听到电机风叶转动发出的声响，一会儿就可闻到一种略有鱼腥味的气体，说明氧吧部分基本正常。

分析与维修：这是很常见的调光台灯故障，由于氧吧部分工作正常，故可排除市电电源及机内电源电路发生故障的可能，一般是由调光台灯电路的问题所致。

调光台灯的电路基本是由一个电子调光电路和相应的灯泡所组成。其中，电子调光电路绝大多数采用硅晶体闸流管（简称晶闸管，又称可控硅元件、SCR）调压电路。图2所示的是一种较典型的调光电路，目前市场上许多调光台灯采用的调光电路都与它基本相同，晶闸管VS1的导通角是由RC阻容充放电（移相）电路和双向触发二极管VS2等元器件组成的触发电路所控制。RC充放电电路由R1、R2、RP1、RP2和C1等组成，其中电位器RP1、RP2是用来调节电路的充放电时间的。RP2常用微调电位器，装在台灯内，主要供生产或维修时用来调整决定RP1的调节范围，也有的产品不用这个电位器。RP1采用带电源开关的普通电位器，供用户开关台灯和调节台灯亮度之用。

另一种电路结构的调光台灯电路如图3所示。与图2电路不同的主要点是主回路中采用了单向晶闸管VS1作为负载（灯泡EL）电压调整的主控元件。由于采用单向晶闸管，所以增加了4个整流二极管VD1～VD4组成桥式整流电路，将220V市电整流成单向脉动电压再供晶闸管和负载。同时也省去了双向触发管。只要将双向触发、调节改成单向触发和调节，那么图3电路的基本原理和图2相似，其带电源开关S1的电位器RP1的开关电源和调光作用也是相同的。

本例维修中，首先检查220V40W台灯灯泡，正常。拧下机子底板固定螺丝，拆卸底板，就能看到了印制板和主要零部件，如图4所示。初步查看，发现开关电位器的电源接线断了一条。再仔细检查，发现电位器的螺丝轴套已断裂，不能再用，于是换上一个同型号RV137–2（470kΩ）开关电位器，然后焊接好电位器连线，通电试机，调光台灯恢复正常。

小结：接通电源但台灯不亮，这是调光台灯最常见的故障之一。如果220V电源和灯泡正常，则故障原因主要在台灯电源开关或电子调光电路印制板上。检修时，通常先依次检查室内市电、调光台灯的电源线、电源插头。如果正常，再拆卸台灯进行检查。通常不必急于用万用表等进行电路测量检查，用眼睛查看往往就可看到如断线、脱焊或元器

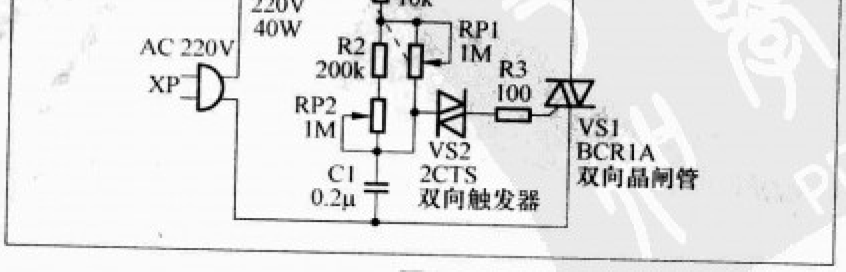


图 2

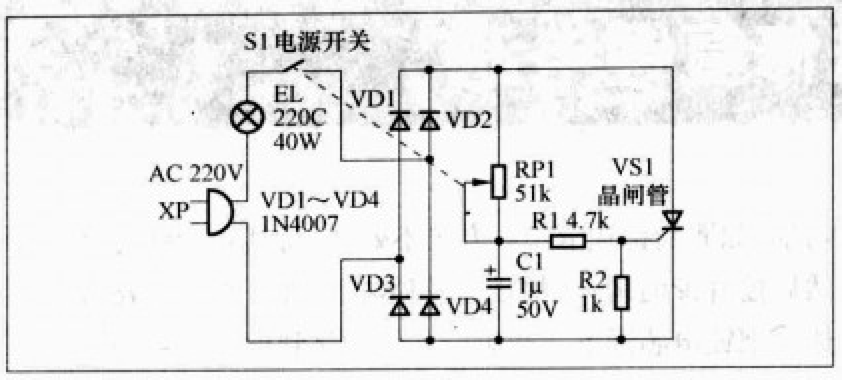


图3

件被烧坏等明显故障，这样做往往可收到事半功倍之效；在查看没发现问题后，再根据图2或图3电路进行电路检查，通常以VS1、VS2、R1、R3或印制线路等断路损坏或脱焊较为多见。

值得指出的是，我们在维修实践中发现不少调光台灯出现这种故障的主要原因是双向晶闸管VS1被烧坏。发生这种故障的调光电路印制板大多具有较明显的特征，其晶闸管等元器件往往被烧黑或烧裂、甚至有印制线路被烧断，所以比较容易判断。

本例是开关电位器断线和损坏引起故障。由于A230型氧吧台灯面板设计原因，使得该电位器不太容易拧紧，使用中容易拧过头而使连接线被拉断或螺丝轴套被拧坏，所以这种故障较常见。维修后一定要设法拧紧电位器螺帽，以防故障复发。

例2：接通电源，台灯正常。但是按下氧吧电源开关后，氧吧部分不工作，但可闻风叶转动声。

分析与维修：氧吧是靠臭氧（O3）来实现空气净化的。臭氧产生的机理是：氧气在电子、原子能射线等离子体和紫外等射流的轰击下分解成氧原子，高活性的氧原子经碰撞后生成三原子的臭氧。臭氧的发生常用电晕放电的方法实现，当气流经过电晕放电区时，气流中的氧气受到高速电子轰击而产生臭氧。臭氧有很强的分解和氧化能力，可快速分解空气中的臭味和异味，并对细菌、病毒等有害物质进行有效氧化和分解，从而达到灭菌作用。氧吧还会释放负离子，中和空气中的正电使尘埃落地，从而达到净化空气的目的。

在正常情况下，按下氧吧电源开关后就可听到氧吧电机风叶转动发出的声响，一会儿就可闻到一种略有鱼腥味的气体。氧吧部分不工作的主要原因是氧吧电路出故障。通常家用氧吧大多就是一个小型臭氧发生器，其主要是由臭氧管、高压（升压）变压器、多谐振荡器、电机、风叶和电源电路等组成，见图4。基本原理是：由振荡器产生高频振荡脉冲电压，经高压变压器升压后，得到十几到几十kHz、1200V～2600V的高频高压脉冲加至臭氧管两端，使臭氧管散发出臭氧气体，由转动的电机风叶向机外吹出。A230型氧吧台灯的背部还有放置干花的小盒子，放入香花干，氧吧

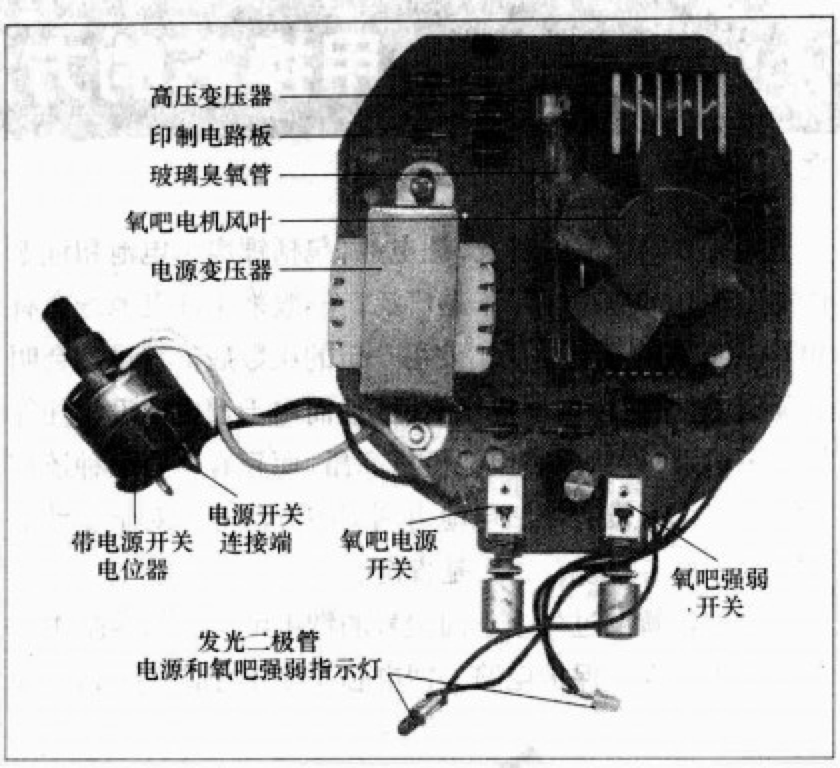


图4

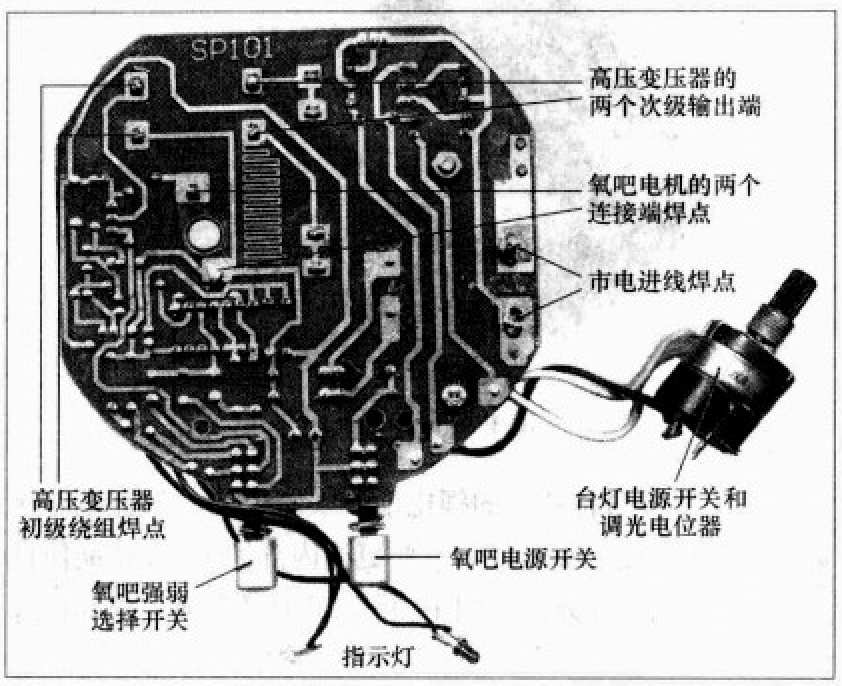


图5

还会将淡淡花香散发到室内空气中。

实践表明，氧吧电路的高压电路最容易出故障，所以首先检查高压电路。A230型氧吧台灯的高压电路主要就是高压变压器和臭氧管两个零件，其中以高压变压器断线、虚焊和臭氧管损坏、脱焊为多见。本例检查发现高压变压器次级（高压输出）绕组断路。见图4、图5，拆卸后发现次级引线断路，重新焊接好，复装好开机，氧吧恢复正常工作。

小结：氧吧电路的高压电路最容易出故障，所以首先检查高压电路。由于高压电路带有高压，而且印制板上直接连接着220V电源，所以开机带电检查不方便，可在断电情况下用万用表直接测量检查，一般只要测量通断和电阻情况就可判断。A230型氧吧台灯的高压变压器次级电阻约为610Ω，初级电阻约为1Ω，其次级和初级的印制板焊点如图5所示。一般氧吧的高压变压器初级绕组常用0.3mm～

用换芯的方法修复锂电池

文/潘邦文

随着数码产品的普及，锂电池（包括锂离子电池和锂聚合物电池）的应用也越来越广泛。一般来说锂电池寿命有300~500次的充电周期，使用一定的次数后，容量就会明显降低，这个时候就要更换电池。然而由于锂电池设计往往是互不通用，导致原装电池价格高昂，而且有一些品种还难以购买。那有没有把旧电池再利用的方法呢？对于爱动手的电子爱好者来说，答案是肯定的。

本人曾解剖过多个不同型号的锂电池，其结构基本一样，均由外壳、保护电路、锂电芯3部分组成（图1）。而

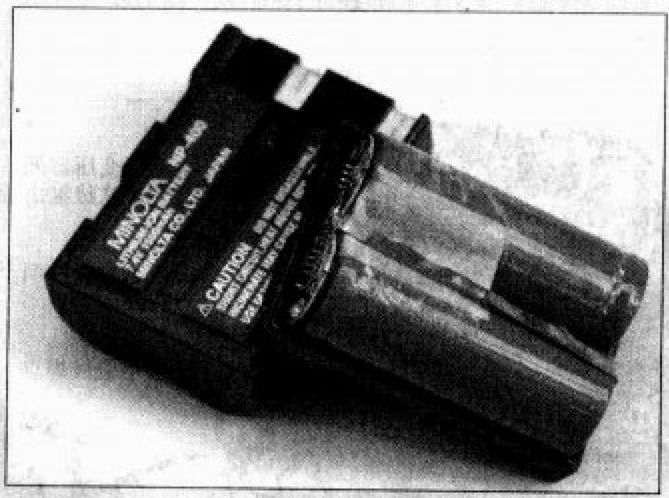


图1 锂电池的结构

事实上一块寿命将耗尽的锂电池其实就是其内部锂电芯接近寿命极限而已，所以我们只要更换内部锂电芯，就能使锂电池重获新生。具体操作如下：用美工刀沿电池外壳的接缝切割，如遇倒钩式卡扣地方先不处理，待其余接缝均已开口然后捏着带倒钩一侧的外壳使卡扣松开。打开外壳后用电烙铁把锂电芯拆下，然后以此为样品到电子市场购买相应规格和数量的锂电芯。接着把新购的锂电芯按照原样焊接到原电池中（图2），然后在电池接缝内侧涂上熔融状态的热熔胶，随后迅速合上、对齐和压紧外壳，待热熔胶凝固后再用美工刀修整从接缝溢出的热熔胶，至此锂电池修复完成。

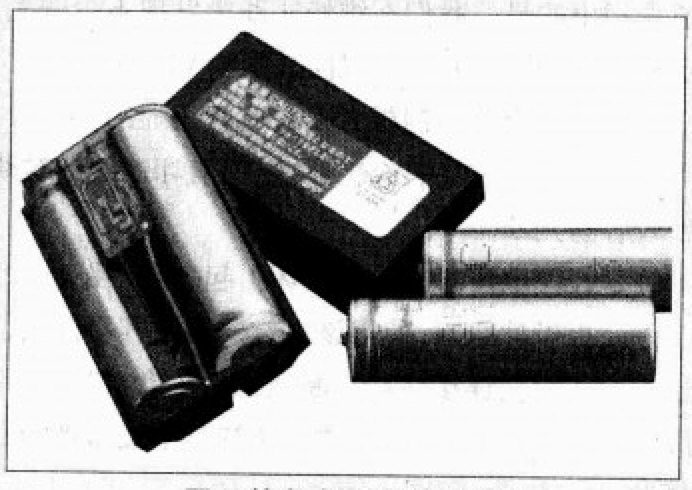


图2 给电池换上新的电芯

一般锂电芯的价格从几元到十几元不等，修复一块锂电池的成本比购买兼容锂电池的价格要低很多。所以有报废锂电池的不要乱扔了，那会污染环境，我们不妨拿起电烙铁享受动手的乐趣。

0.45mm的漆包线绕20~35匝，次级绕组常用0.11mm~0.13mm的漆包线绕1800~2500匝，铁芯常用铁氧体磁芯。如果重新绕制，初级绕组最好按原机数据（由于匝数很少，所以拆卸时容易记下），次级绕组如果不知道数据，可参考以上数据绕制。

如果高压电路正常，再查臭氧发生器的电源供电电路和振荡器电路。通常臭氧发生器高压电路基本相似，电源电路也是常规类型，不同的主要是振荡器电路，主要有3种，一是由臭氧发生器专用集成电路（如TWH9221）等组成；二是由通用集成电路组成，如555、4069等；三是用晶闸管组成。不过振荡器的故障率通常很小。

例3：接通电源，台灯正常，按下氧吧电源开关后，过较多时间才可闻到一点臭氧气味，比正常时的臭氧气味少多了，而且听不到风机转动的声音。

分析与维修：可闻到一点臭氧气味，说明氧吧电路还是在工作的；由于风机不转，不能向机外吹出臭氧气体，室内臭氧浓度明显减弱，所以基本可判断是风机故障。拆卸氧吧后，发现风机果然不转。断电后测量印制板电机两端焊点的阻值，见图5，发现远大于正常时的5Ω~20Ω，仔细检查印制板的电机两个焊点，发现其中一个虚焊，用刀片刮去焊脚上的氧化层，然后重新焊接好，故障就被排除，风机正常运转。

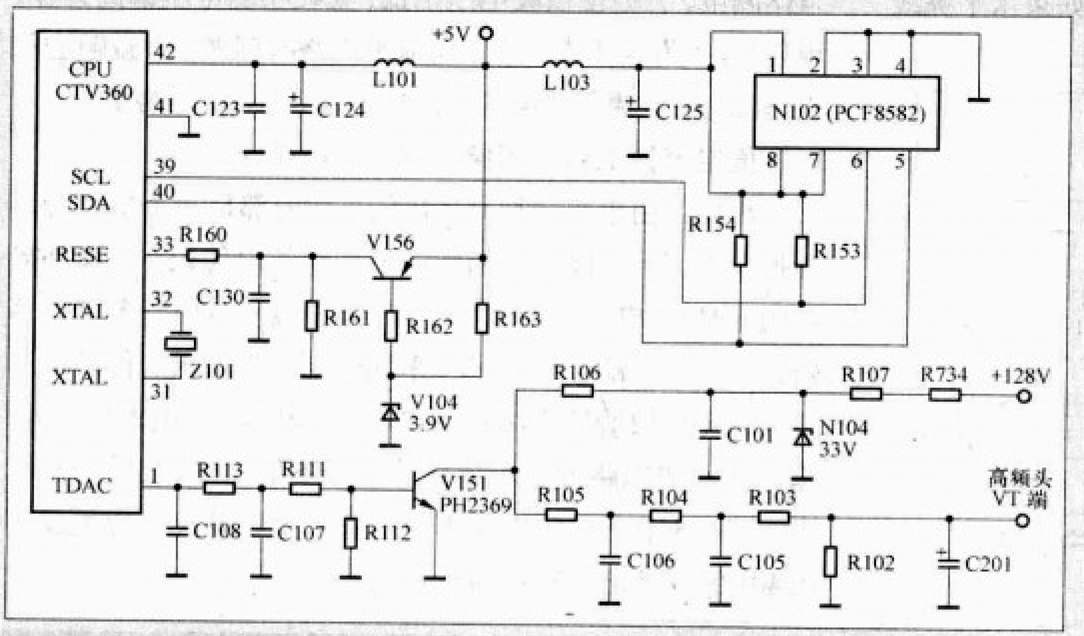
小结：该机是采用RF-310TA-11400型直流电机，内阻5Ω~20Ω。如果测量电阻远大于20Ω，说明电机接触不良或脱焊断路。脱焊或虚焊故障是很常见的，因为电机的引出端较难焊接，所以重焊时一定要彻底清除焊接端的氧化层和污垢，并且用酒精松香溶液助焊，要保证焊接质量，否则日后仍然可能发生脱焊故障。如果是电机内部接触不良，则需要拆卸电机检查或调换新的电机。

电容虚焊引发的跑台故障

文/曲 静

一台金星C6430型彩电，有时看好几天都不跑台，有时看一会儿就跑台，不论哪个波段都发生跑台现象，毫无规律。

检修：接收一个台的节目，监测高频调谐器（简称高频头）VT端电压，一连几个小时都稳定，也不跑台。以前修过的一些金星彩电虚焊故障较常见，况且跑台故障一般不危及显像管等器件，于是轻敲线路板，果然VT电压有波动，跑台故障出现了。该机相关的电路如附图所示，对照电路，仔细检查从CPU的1脚到高频头VT端，并无虚焊之处，为了保险起见，用断锯条把所有可能虚焊的元器件引脚刮干净，再重焊一遍，+33V的形成电路焊得更仔细，满以为故障排除了。反复敲击线路板，故障又重现。难道高频头不良，用10kΩ可调电阻从+12V处引入一个合适的电压送到高频头VT端，这次不跑台了，证明高频头是好的。恢复原电路，监测调谐电压放大管V151集电极电压，当跑台时确有波动，把V151更换了新管也无效。CPU的1脚电压在发生跑台故障时有毫伏级的波动，用数字万用表都不易观察到。查得CPU的1脚到V151基极的阻容元件都正常，代换C107 和C108也无效。难道是CPU工作异常？该机CPU采用飞利浦公司开发的CTV360系统，须满足以下条件才能正常工作：(1) +5V供电正常；(2) 复位电路工作正常；(3) 晶振电路工作正常；(4) I²C总线工作正常；(5) 键控电路不漏电。工作时CPU的42脚供电电压为4.9V，33脚复位端电压为4.8V，39、40脚电压为4.4V左右，均属正常。而该机跑台时并无屏显，可排除按键漏电。怀疑Z101(10MHz)不良，换新件后故障依旧。于是还是先查外围元件，不要轻易判定CPU损坏。由于敲击线路板时，故障易出现，所以还是把故障原因锁定在虚焊上。仔细检查实现前4个条件的外围电路，发现C124引脚四周有细小的裂纹，把C124焊好后故障彻底排除。



小结：后来笔者又检修该机芯彩电（如金星C6411、C6425、C7421等型号彩电）十多台，都是由于C124虚焊或铜箔间有裂纹，使+5V电源中交流纹波大，造成CPU工作紊乱，甚至出现死机，有的伴随出现奇异字符，但跑台现象却只此一例。C124处的问题应该算是该机芯的通病吧。

彩显无色特殊故障排除记

文/刘爱芬

一台NEC15英寸彩显，彩色极为淡薄，基本呈现的是黑白图像。

测量显像管的3个阴极电压，发现无论是直流电压值或交流电压值，它们都是几乎相等的。花费了九牛二虎之力，排除了信号源、前置视频放大、视频放大、对比度控制等电路故障的可能性，最后才确定是显像管出了故障。在正常情况下，显像管内部的3只电子枪是各自独立、互不粘连的。但在用数字表检测这只显像管时，却发现该管KG、KR两极之间阻值为180Ω，KB、KG两极之间阻值为130Ω，KB、KR两极之间的阻值则是两组电阻值的和，即310Ω。这样一来把原来各自独立的三基色混合在一起，于是就出现了各阴极直流电压和交流电压都是几乎相等的怪现象。

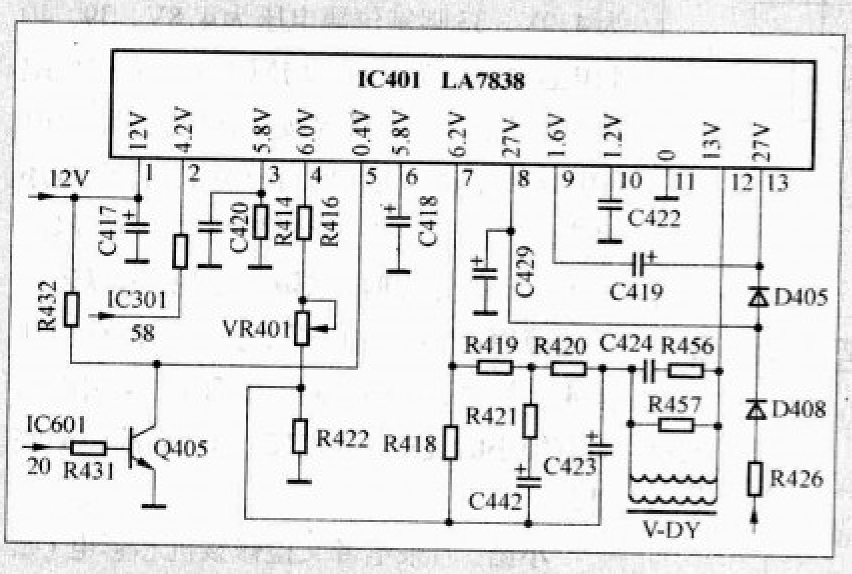
处理显像管内部的碰极，当然要采用电击法，只是这种阴极粘连的怪病以前自己没有处理过。用电击法是否安全有效，心中实在没底。在征求机主同意的情况下，先用220V/25W的灯泡作限流电阻，把灯泡串联在220V市电回路上，分别对RG、BG两对电极进行电击，起先没有成功，直到把灯泡的功率增大到100W，较大的电流才把阴极之间的粘连电阻烧断。于是，彩显又恢复了艳丽的色彩。

电容器开路引发的水平亮线故障

文/韩军春

一台创维2588型电视机在开机后，伴音正常，但其屏幕中间出现一条水平亮线。

该电视机的场输出电路主要由集成块IC401(LA7838)及外围阻容等元件组成，其电路如附图所示。打开机壳，直观检查场输出集成块IC401周围的元件，并没有发现元件异常或引脚虚焊。接通电源，直接用信号注入法来判断故障位置，将三用表置电阻×10或×100挡，红表笔接地，黑表笔去碰触集成块IC401的6脚（场锯齿波电压形成端）、3脚（多谐振荡器）、2脚（场振荡脉冲输入端）。如果水平亮线能拉开些或上下跳动，说明场输出电路基本正常。如果没有反应，说明故障在其碰触脚之后的电路。在碰触2、3脚时，亮线没有拉开或跳跃，由此判断集成块IC401的2脚到6脚之间的电路有问题。接着用表测其各脚电压，发现其6脚为10V（正常5.8V），7脚为0V（正常6.2V），12脚为0V（正常13V），其他各脚电压基本正常。从原理可知，集成块IC401的6脚为场锯齿波电压形成端，外接电容C418。7脚为交直流负反馈端，12脚为场脉冲信号输出端。如果电容C418漏电，将会使该脚电压降低，现在实测电压偏高许多，电容C418肯定正常，估计是前级电路有问题。用碰触法和电压测量，结果发现其3脚外接电容C420呈开路状态，用同容值电容换上后，图像正常，故障排除。



小结：由于集成块IC401的3脚内部是一个单稳态多谐振荡器，当2脚输入的脉冲信号经其内部先在3脚外接电阻R414、电容C420上积分，再去触发单稳态多谐振荡器，然后在6脚电容C418上积分，形成锯齿波，再经驱动放大，从其12脚输出场扫描电流。而电容C420损坏后，场锯齿波形成电路没有场频脉冲信号不能工作，这样一来，电容C418上所充的电压不能泄放，所以就会出现集成块IC401的6脚电压升高的现象。

创维数码彩电枕形失真的检修

文/王兴爱

一台创维数码29T66HD型电视机，台标字体部分已超出屏幕，同时图像画面显示的门、窗都有枕形失真。

检修：从故障现象看，故障点应在行扫描部分，按常规应检查枕校电路，可是这一次不同的是枕形失真于光栅无光。根据以往经验，东西向里凹的地方都没有光栅，绝大部分都是枕校电容失效造成的，其原因是该电容靠近散热板造成的（有待于厂家去改进），其次是电位器、三极管、阻容等元器件。于是本人按常规检修，检查枕校电容C720（无极性电容），正常，枕校电路无电位器可调，三极管及阻容元器件也正常。决定开机检查，发现行变压器有一个引脚打火，立即关机进行补焊。由于I2C总线数据发生了变化，于是还要进行总线调整，该机采用的是D008707机芯，调整步骤如下：

1.手按住遥控器的“–/–”键，使屏幕变成“– – –”，然后按住控制面板的菜单键不放手，再按住“频道+”键也不放手，即可进入工厂模式。用遥控器输入“7 7 7”，此时屏幕下方出现了软件设置时间如“– – – ”。

2.用“频道+/–”键选调整项目，用“音量+/–”键调整数据。

3.设置结束后按“静音”键保存。

4.按菜单键返回首页，选“SHIPMENT”项，按“音量–”键退出即可。

调试行幅、枕形项，作用不大，决定再检查硬件逆程电容、逆程二极管，结果发现是下逆程二极管（型号为LMIG16）损坏了，更换该管后，故障排除。

提示：上逆程二极管（型号为BY495）起扫描作用，下逆程二极管起枕校作用。

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。**（本栏编辑）**

Q 问：一台袖珍式收音机中的二极管2CB1C损坏，到处买不到此管该怎么办？（安徽　柯书田）

A 答：2CB1C是硅补偿二极管，它具有良好的稳压和温度特性，用在电源为3V的晶体管收音机中作稳压二极管。使用它后即使电源电压降低为60%左右时，仍能正常收听。一般低于20%时就无法收听。2CB1C是白色圆片结构状，稳压值为1.2V～1.4V。它损坏后确实难买到，但可以用两只常用的硅二极管（如1N4148）串联后代换，效果也很好。**（汤志成）**

Q 问：一台三星牌RE630型微波炉使用几年一直工作正常，最近突然不能工作了，拆机发现电源保险丝管被烧坏，换上同规格保险丝管后又被烧断，检查炉内220V电源电路没找到有短路点，这是什么原因？（上海　季寒勇）

A 答：保险丝管被烧坏肯定是电源过流引起的。如果低压（220V）电源电路没有故障，那么问题就在微波炉的高压电路部分。检修时，可先更换保险丝管，再将变压器高压端的插头拔掉，然后通电。如果这时微波炉内灯亮，托盘和风机运转，就可确认低压电路基本正常，故障是在高压电路中，通常以高压电容和二极管的损坏为多见，只要分别测量一下，很快就可找到故障所在。**（王德沅）**

Q 问：一个普天牌USB2.0闪盘使用多日，但是前几天因不慎跌落地面而损坏，现在与电脑连接后不出现移动磁盘盘符，无法识别。该闪盘虽然价格不昂贵，但里面的资料十分重要，能否修复或取出里面的文件？（广西　潘廷东等）

A 答：根据维修经验，这种故障通常是闪盘内部的晶振元件损坏所致。由于摔跌，晶振容易断线或破裂损坏，造成闪盘不能工作、电脑无法识别的故障。检修时，如果检查发现只是晶振引线断了，可仔细焊接修复；如果不是，可用一个好的同规格晶振调换试机，马上就可确认故障所在。对其他牌号闪盘大都也是如此，但是需要注意，闪盘所用晶振的频率有多种规格，调换时要用同规格的产品，不要搞错，否则不能正常工作。此外检查时不要多拨动晶振和避免多次焊接，否则容易折断晶振引脚或烫坏印制线路，会大大增加修复的难度。**（王德沅）**

Q 问：LG775FT未来窗显示器在使用中突然熄灭，机内发出烧焦的味道和细微的“哧、哧”的间歇声响。拆机发现标称47μF/160V的电解电容爆顶，更换新品后，显示器仍旧不亮，且仍伴有“哧、哧”的间歇声，不知道该如何修理？（吉林　高昆）

A 答：因C744（47μF/160V）爆顶，引起显示器无法点亮的故障也是该显示器的一个通病。该电解电容爆顶后还会引起升压，使场效应管Q719击穿损坏，从而造成50V电源负载短路。同时更换这两个元件，显示器就可以修复。N沟道场效应管IRFS630A（Q719）采用TO—220F封装，其电器参数如下：BV_{dss}=200V、I_d=6.5A、P_d=38W。**（刘福胜）**

Q 问：索尼G21T1型彩电，在一次搬动后开机，图像上出现毛刺状的扭动干扰，声音中也含有很大的“哧哧”噪声，每个台都有，且随着画面亮暗不同，干扰程度也有轻重变化，AV状态下也是如此，先后查找了电源和行部分的电路，没有发现问题，不知何故？（河南　姜士伟）

A 答：根据故障现象可以肯定是本机内部的一种高频干扰，若查找行扫描电路的高频滤波电容没有发现问题，可以试着把高压帽拆下，根据故障现象分析断定是高压嘴放电干扰，清洁之后重新装好一般即可排除干扰。**（刘福胜）**

Q 问：一台5.5英寸小黑白电视机出现一条水平亮线，机内芯片型号是D2915，不知如何判断及检修？（河北　郑中亮）

A 答：D2915是黑白电视机图像中频、伴音中频及行场扫描系统集成电路。1脚输入中频信号，5脚输出视频信号。视频信号分为三路，一路经6.5MHz滤波器从7脚返回IC内，经放大、鉴频从11脚输出音频信号；第二路送视放管为显像管提供信号；第三路返回IC6脚分离出行场同步信号并完成行场振荡。行扫描信号从17脚输出，场扫描信号从26脚输出。显示屏出现一条水平亮线应去检测26脚外围元件，从26脚查到场扫描线圈。外围元件正常后，再测26脚电压，正常值应是3.1V，若电压为零或很低说明D2915失效，应更换新的。

（韩家明）

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。(**本栏编辑**)

Q 问：一台康佳P34ST390型彩电开机刚听到声音就自动关机，面板上的电源指示灯发光正常，多次检查均找不出故障原因，请指教，谢谢！

(广东 黄祁勇)

A 答：维修实践表明，这故障是该机中与行偏转线圈串接的电容C405（330nF/400）漏电，使彩电保护而自动关机造成的。用优质同规格电容代换C405，就能够排除此故障。 (**汤志成**)

Q 问：一只进口助听器，最近灵敏度下降，音量控制电位器不起作用，但用镊子碰触一下机内集成电路LC505的5脚，灵敏度便提高不少，何故？ (江西 劳年大)

A 答：从故障现象分析不像是集成电路LC505问题。LC505是助听器专用IC，其5脚为音量控制脚，外接一只100kΩ左右的音量电位器和一只10μF的隔直流电容器至7脚接地。调节电位器就使电路的负反馈量相应改变，从而起音量控制作用。当10μF电容失效或开路时，电路增益明显减小，同时音量失控。更换该电容后，故障即可排除。如LC505损坏，可用国产TB505直接代换。

(**倪耀成**)

Q 问：一台松下MD9000型摄像机的开关失灵，常常到关键时候就是打不开电源，真急人！本地又购不到这种开关配件，能否自行修理？另外，该机的白平衡反应太慢，在同一房间内或者户外只要将镜头方向较快移动就会出现“蓝片”，能否改善这种现象？（浙江 刘丛强）

A 答：松下MD9000型摄像机的社会拥有量较大，通常在婚礼、聚会等拍摄场合使用较多。该机的电源开关比较脆弱，容易出现接触不良或完全失效等故障。由于该电源开关体积较小、结构密封紧凑，所以自行修理有一定难度，但是如果不能使用了，也可尝试拆卸修理，主要是簧片接触不良或变形问题，只要设法除去污垢和校正变形的簧片即可。如果无法修理，也可购买一个小型钮子开关，在摄像机原开关附近打孔安装好，再连接好开关的连线就可以了。至于白平衡响应慢，自动白平衡是比较慢的，只要切换到手动调整位就可以解决。 (**王德沅**)

Q 问：一台调频调幅立体声袖珍收音机、收调幅广播正常、能收到调频立体声节目，但无立体声感，检查由TA8127N组成的电路部分没发现问题，请指教怎样修理？ (浙江 皇甫友良)

A 答：应重点检查TA8127N的16、17脚电路。16脚为AM/FM选择端，17脚为单声／立体声选择端。16脚接高电平为AM，悬空不接为FM状态；17脚接高电平为单声道状态，悬空为立体声状态。通常用2×2开关来转换16、17脚电平，亦即转换了AM/FM和单声道／立体声道状态。检测17脚电压若为3V左右，表明电路仍处单声道状态。应检查转换开关、印刷电路是否短路、漏电，若正常，则多数是TA8127N不良或15脚外接RC失调所致，更换后故障即可排除。

(**倪耀成**)

Q 问：海尔H—2998型彩电，开机有伴音，有高压启动的声音，但屏幕不亮，查显像管灯丝亮，测得灯丝电压和尾板各电压也正常，不知该怎样修理？ (吉林 吴利民)

A 答：对于有高压有伴音但无光的故障，一般都可以认定是场扫描电路损坏所致。在调高加速极电压之后，若出现水平亮线就可以确定故障部位。该机场扫描电路采用的是TDA3654B芯片，自举升压电解电容C408（100μF/35V）因高温烘烤极易失效而损坏场扫描芯片。如果测量高压包4脚支路中的保险电阻R434已经开路，就可以肯定场扫描芯片损坏，更换损坏的器件就可以修复彩电。 (**刘福胜**)

Q 问：一台先科P698型VCD视盘机通电显示“LOCK——————”，除了电源开关外，其他按键功能均失去作用，这是怎么回事？

(广东 罗宾)

A 答：先科P698型VCD视盘机出现了上述现象，表明按了其面板上的“童锁”键，使机器进入童锁状态，此时只要输入密码（出厂为0698）即可解锁。如果用户自己改动了密码，而又忘记了自己所设的密码时，则必须同时按住遥控器上“倒退”键、“放像”键及“快进”键即可解锁。如果要重新输入密码，再按遥控器上的“确认”键，就能使机器正常工作。

(**汤志成**)

问与答
WEN YU DA

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。**（本栏编辑）**

Q 问：请简要地介绍一下彩电无字符显示的检修思路，谢谢！（浙江 李辉）

A 答：彩电发生无字符显示故障时，进行如下4个方面的检查即可找到故障原因。①检查字符振荡电路是否正常？电容要置换检查之。②行、场同步脉冲信号或者其中之一是否送到了CPU的对应引脚；③字符输出或者放大电路是否正常；④ CPU内部的字符形成电路是否损坏？

（汤志成）

Q 问：一台随身听，收音正常，但放磁带时音量只能开到一半就伴有交流声，若要再开大一点交流声严重，请问怎样修理？

（江苏 庭楼）

A 答：收音正常，说明收音前级、音频功放部分正常。故障仅在磁带放音前级。从故障分析认为是一种低频自激，其原因一般是放音前级电路的有关元件失效，如退耦电解电容是否变质、前级电路有无虚焊、接地是否良好、磁头屏蔽线是否牢固接地等，逐一检查更换有关元件故障就能排除。**（倪耀成）**

Q 问：一台长虹21英寸彩电，显像管为彩虹54SX503Y22型，该机图像和伴音基本正常，就是经常会发生打火现象。拆机检查发现，打火处在显像管管座部位，可看到管座内部的打火火花和听到“啪、啪”的打火声，但清洗管座无效，后来调换一个同型号管座故障也依旧。这是何故？怎么排除？（福建 王佳海等）

A 答：如果管座没问题，造成这种故障的原因一般就是聚焦电压太高，而且大都是不当维修和调整所致。该显像管的聚焦电压正常为7600V～8400V，如果调整过高或偏高，管座中的放电保护器就容易打火，从而出现所述故障。事实上，聚焦电压调得过高对聚焦也不利，所以，只要重新调整聚焦电压至正常（同时注意加速电压是否正常，若不正常，也要调整至正常），就可排除这种故障。**（王德沅）**

Q 问：一台JVC AV—48PRO型48英寸背投彩电无图像，有伴音，经检查发现场输出集成电路LA7833损坏，换上正牌新件后，只用了几天就损坏了。测量场输出集成块供电电压41V左右，由于没有电路图和维修资料，不知是否正常，是否电压过高引起这种故障？

（广东 雷怀宏）

A 答：该机的场输出集成块LA7833电源电压（3脚）正常为40V左右，41V属于正常。在集成块电源电压正常的情况下，如果散热也没问题，则需仔细检查LA7833外围电路，包括其旁边的接插件是否存在短路或脱焊，偏转线圈是否发生漏电或打火等，因为这些因素也可能引起集成块损坏。如果场输出集成块工作温升较厉害，也可适当增加其散热片面积，这样有利于降低故障率。**（王德沅）**

Q 问：长虹C2591AV型彩电收看中突然熄灭，内部有烧焦的气味散出，打开机壳发现，行偏转线圈插脚处烧出了一个指甲大小的洞，电容C468和二极管V468都烧黑无法识别，不知道还能否修复？（吉林 潘文辉）

A 答：故障起因应该是行偏转线圈插脚处开焊后引发高温烧坏了电路板和周围器件，故障范围并不大，细心操作是可以修复的。首先用利刀剔除焦黑的电路板，直至露出电路板的本色，用1mm粗的铜导线把破损的电路搭焊连接起来（保证绝缘），正面不便安置的器件可以移动到反面宽松的位置上焊牢固定，行偏转线圈引线直接焊到电路中。其周围的C468和V468是枕校电路中的器件，分别是0.015μF的独石电容和BY228。**（刘福胜）**

Q 问：美乐DS53C—2型彩电，近期出现图像正常，伴音声小，但音质良好的故障现象，即使将音量遥控到最大，听着仍然吃力。曾经更换过伴音集成块但故障依旧，测量直流音量控制引脚6脚的电压最大8V，与图纸标注的11V相差较大，不知该如何修理？（河北 赵喜彬）

A 答：美乐DS53C—2彩电采用的是松下M11机芯。既然音量控制电压受控，可以达到8V就说明CPU控制部分无异常。根据音质较好，判断故障应该在音频信号传输部分，与功放电路无关。请检查并更换掉音频功放块AN5250第4脚与第5脚之间的1μF/50V耦合电解电容，即可恢复。**（刘福胜）**

问与答
WEN YU DA

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。**(本栏编辑)**

Q 问：一只万宝牌电饭锅米饭煮好后不跳闸而烧焦米饭，该如何来修理？(广东 李文涛)

A 答：电饭锅发生不跳闸的原因通常有：①饭锅底部变形而不平整；②与磁钢限温器相连接的控制弹片失灵；③保温开关的触点烧蚀粘结。逐一检查这几处就能排除烧焦米饭的故障。如果保温开关粘结，则可用小刀把粘结处分开，再用砂纸把触点打磨干净即可。 **(汤志成)**

Q 问：松下TC-21L3R型彩电，最近出现开机只两三分钟屏幕两边就出现黑边，图像尺寸同时出现明显的收缩和闪烁。若不关机，电视机将出现非常严重的闪动无法正常收看；关机等待一会再开机，故障重复。该机无图纸且电路复杂，不知是开焊还是器件损坏，请指明维修部位？(辽宁 何秀勤)

A 答：可以肯定上述故障不是开焊，而是开关电源电路中有的器件热稳定性不良造成的，系140V主电源无法稳定所呈现的故障。该机开关电源由STR-S6307构成，电路器件繁多不易测量和查找，根据维修经验，将电源块STR-S6307和光电耦合器TLP621（可用PC817代换）直接更换新品，同时将C543（2.2μF/50V）和C513（22μF/50V）也一同换新，故障应该会排除。 **(刘福胜)**

Q 问：一台长虹PF2155型彩电连续烧坏行输出管，烧管前屏幕右侧行幅有些收缩，更换行输出变压器后故障不变，这到底是什么原因？

(四川 高林飞)

A 答：行输出管损坏前屏幕右侧行幅收缩的故障现象说明该机的行激励不足。这是长虹PF2155型彩电的一个易发故障，其原因是夹在场输出集成块TDA8356的散热器和行激励级降压电阻(12kΩ/3W)之间的行激励级电源滤波电容(4.7μF/160V)在这两个“发热大户”的长期烘烤下，性能变坏。取优质的4.7μF/160V、10μF/160V或者10μF/250V电容代换之，就可以彻底排除烧行输出管的故障。**(汤志成)**

Q 问：最近买了一台德生牌PL757数字调谐收音机、发现立体声耳机输出插座附带一个开关，请问这个开关有什么作用？(河南 古日月)

A 答：PL757立体声数字调谐收音机的功放集成电路其型号是CXA1622M。此集成电路有个特点是可以通过控制2脚的高低电位使其工作在立体声状态或BTL工作状态。当插上立体声耳机时，立体声插座附带开关闭合，使2脚接地，功放集成电路为立体声工作状态；拔出耳机时附带开关断开，使2脚变为高电位，功放集成电路为BTL工作状态，此时输出功率大，以便推动内接场声器。因此，CXA1622M广泛用于内接场声器、外接立体声耳机的袖珍式收音机或收录机中。

(倪耀成)

Q 问：一台29英寸飞利浦彩电，使用中突然发生黑屏故障，经检查发现电源电路无输出，但是反复检查也没发现元器件有损坏或脱焊等故障，后来试换开关电源管，结果恢复正常，但几天后又损坏了，再换开关管，但时间不长又出现同样故障。这究竟是什么原因？如何排除故障？

(上海 李小龙等)

A 答：这种故障发生无规律、隐蔽性较强，缺乏经验者维修有难度。其实不是开关管的问题，主要是电源电路中存在接触不良隐患，使彩电常常突然发生黑屏故障。检修时主要检查电源电路中的元件是否焊接松动和接触不良、印制线路是否存在隐性断裂等，要仔细检查，必要时可借助放大镜等工具进行查看，一般都能较快找到故障所在。维修实践表明，即使是新机也可能因工艺、运输和搬动不当等原因而发生印制线路板断裂或元器件松动等故障，所以检修时务必不要忽视此类问题。**(王德沅)**

Q 问：一台上广电D2130A型彩电，微处理器是LC863331A5Y71，按贵刊以前介绍的方法，欲进入总线进行调整，虽然有时能成功，但多数操作不能成功，觉得好像是在碰运气，而遥控器是没有问题的，这是什么原因？其中有没有窍门？ (新疆 姚荣军)

A 答：这主要是没掌握好操作要领所致。这类彩电进入总线调整的正确步骤如下：(1）按一下遥控器上的返回键；(2）然后按住电视机上音量“—”键不放；再按遥控器上返回键就能进入总线调整状态。要改变调整大项或要退出时，可再次按“1”“2”步骤进行操作。这里最容易疏忽的是“按住电视机上音量“—”键不放手”这点，有些人往往按一下或没按住，结果造成操作不成功，或觉得难以把握。

(王德沅)

问与答
WEN YU DA

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。（**本栏编辑**）

Q 问：一台金星D2920F型彩电，主芯片采用LA76810，微处理器是LC863320。该机因为出现行中心偏离和行幅偏大等故障，故而进入总线调整相关数据，但是几经调整后，发现图像没有了，变成了白屏，无论退出总线与否都一样，这是为什么，是电路发生了故障还是总线调整的问题？（安徽　王如松等）

A 答：这种现象时有发生，缺乏经验的维修人员往往反复检查相关电路，结果使维修陷入困境。其实这大都是在总线调整中误调了黑白平衡项目C．B/W(内部测试信号)数据所致。C．B／W 测试信号的调整范围为：0~3，其中“0”为无测试信号、“1”为全黑信号、“2”为全白信号、“3”为十字形信号。正常应调到“0”，如果调到“2”，就出现白屏状态。所以只要重新进入C．B/W项，将其调到“0”状态即可使彩电恢复正常。（**王德沅**）

Q 问：一台松下TC—2186型彩电，屏幕上出现几条宽窄和位置均无规律的干扰条，此故障应怎么样排除？（山东 何松之）

A 答：经久使用的TC—2186型彩电容易出现上述故障现象，其原因就是中放集成电路AN5138NK的有些引脚脱焊，此时用放大镜仔细观察其引脚就会发现有裂纹，只要小心地把其各引脚焊一遍即可排除此故障。（**汤志成**）

Q 问：一台TCL MF-767型彩色显示器通电后无法启动，面板上的电源指示灯也不亮，查其开关电源无输出，但是各元器件似乎都正常，不知如何来检修？（浙江 罗波）

A 答：这似乎是该机的一个易发故障，其原因是开关电源电路中脉宽调制集成电路UC3842AN第7脚外接的24V的稳压二极管ZD102性能变劣，使开关电源无法正常启动。用优质的24V稳压二极管取代机中的ZD102就可排除此故障，使彩显工作正常。（**汤志成**）

Q 问：维修电视机开关电源的时候经常遇到PC—817和SE140N（系列）等元器件，用表测量又不好鉴定其优劣，不知有什么可靠的办法测量其好坏？（佳木斯 海波）

A 答：这两种元件在开关电源电路中比较常见，只是仅凭万用表来测量其好坏的确不可靠，且带电测量很容易扩展故障，最可靠的办法就是用新品替换。维修证明，SE140N三端（系列）取样元器件只要电路中安装的是正品，损坏的非常少（销售的新品有打磨的）；但PC—817、TLP621等光耦损坏和变质的情况很常见，应以更换新品来辨别。（**刘福胜**）

Q 问：康佳T2985H型彩电，最近出现开机图像正常但伴音噪音特大，必须用遥控器改变一下伴音制式才能收听到清晰的伴音，而且每更换一个频道就得按一下音频制式切换键才行，否则伴音就不正常，不知该怎样修理？（河北 杨宝成）

A 答：该型号电视机伴音制式可以分别工作在6.0MHz和6.5MHz，上述故障系伴音制式默认以6.0MHz为首，这样电视机如不进行人为伴音切换，噪声将非常大。查看图纸得知CPU（M37211M2）36脚输出切换信号，经过V107输出高电平时VD113导通，伴音频率工作在6.5MHz；当V107输出低电平时，VD112导通，伴音频率工作在6.0MHz，由此看出只要人为拆除V107，VD113将始终导通，伴音电路工作频率也将锁定在6.5MHz上了。（**刘福胜**）

Q 问：一台西湖CM2505型彩电出现一条水平亮线故障，经检查发现场输出集成块（N301 TA8445K）和电阻R410（2.2Ω）损坏，换后使用不久被烧坏，再换一次，几天后又被烧坏，而检查场输出电路供电电压和外围元器件都是正常的，不知何故？怎么解决？（浙江 吕新彪）

A 答：除了场供电电压和场输出电路元器件异常（如自举升压电容不良等）可能损坏场集成块外，还有一种比较隐蔽的原因也会引起这种故障，即偏转线圈发生漏电或打火，其能量进入场输出电路而使场输出块损坏。所以，应仔细检查偏转线圈是否打火或存在打火痕迹；也可用万用表R×10k或R×1kΩ挡测量行和场偏转线圈之间的漏电电阻，正常应为无穷大，如果测量出有电阻，通常就是存在漏电和可能产生打火。如果能找到漏电处，可用无水酒精清洗，然后垫上绝缘片或滴入绝缘胶即可排除故障。（**王德沅**）

问与答

WEN YU DA

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。**（本栏编辑）**

Q 问：一台摩托罗拉手机，用随机附送的旅行充电器对锂电池充电，充电时间只有十几分钟就显示充电完毕，但是插入手机后，即使待机也只能用一两个小时，而将锂电池放入手机内用电源转换器充电就没有这种问题，这是否说明充电器不良，怎么维修？（新疆　雷敏坚）

A 答：这种故障是旅行充电器所造成的。根据维修经验，大都是旅行充电器与锂电池接触不良所致。由于充电器与锂电池接触不良，导致充电电流少，一会儿就显示充电充足，但实际并没充足。解决的方法是：用文具橡皮仔细擦除充电器的弹性接触簧片，彻底清除上面的污垢和氧化物，因为这是与锂电池相连的接触簧片，它们与锂电池的接触要保持牢靠良好才能使充电正常进行。如果锂电池的输出端（金手指）也有污垢，也要用橡皮擦除干净。**（王德沅）**

Q 问：厦华S293型彩电如何进入和退出“工厂模式”？

（上海　李丛）

A 答：取下该机遥控器的后盖，找到“个人爱好键”上面的空键——“工厂模式”键。按此键，屏幕右上角就会显示“PWV1.2”，立即连续按数字键“3、6、9”，就进入了工厂状态。按“遥控关机”键就可以退出。

（汤志成）

Q 问：用一个kingstonU盘拷贝另外一个同类U盘中的文件，两个U盘分别插入电脑后，发现开始写入文件时正常，但是十几秒后复制停止，跳出提示框：“系统或网络等问题，导致无法复制文件，请检查相应项目”。点确定后，U盘中原来的数据却没有了，电脑移动磁盘中一片空白，点属性没有数据显示，吓出一身冷汗。向搞电脑维修的朋友咨询，说要格式化，但这样做原来的重要数据就没了，有没有办法可修复或取出U盘中的文件？（浙江　康　震等）

A 答：这种情况颇为常见，但是处理不当就会造成很大损失或白白浪费许多时间。注意，发生这种情况后，千万不可贸然格式化，否则你的重要资料就没了。其实这是操作不当或其他原因引起U盘读写失误所致。通常只要在U盘指示灯不亮的情况下拔出U盘，过几秒后重新插入就可恢复正常复制，也可将电脑重启后再插入U盘重新拷贝。**（王德沅）**

Q 问：使用多年的爱华HS-P202型自动翻带随身听，闲置一段时间后再次使用时出现不能放音的故障，按下“放音”键，只有瞬间的放音指示，且倒带功能也不能进行，不知还能否修复？（大庆　郭松）

A 答：根据多年维修经验，这类电器出现电路故障的概率较低，一般都是因为使用年限过久，内部动力传动橡胶圈老化无法令机械进入到放音状态，只要找到维修部更换进口合适尺寸的橡胶圈即可恢复正常。

（刘福胜）

Q 问：我的数码摄像机上有一个插孔，其旁边标有字符“AV”，难道这就是该机的AV输出接口吗？如果是，又如何连接呢？（山西　侯方）

A 答：彩电和DVD等机的AV接口采用的是RCA端子（俗称为莲花插座），而摄像机的AV（音频和视频）信号是共用一个直径为3.5mm的插孔输出，这就是摄像机上标有的“AV”插孔。连接时应该使用购买摄像机时所配置的专用AV连接线，其一端是直径为3.5mm的3芯插头，插入摄像机的AV插孔，另一端则是普通的3个莲花插头，其中黄色的传送视频信号，红色的为右声道声音信号，白色插头则为左声道，对应插入彩电的RCA插座即可。**（汤志成）**

Q 问：我家的发光二极管手电筒中的二极管HER107损坏了，无法找到其有关资料，请告知其有关参数和可以直接代用的二极管型号？

（江西　刘扬）

A 答：HER107只是一只普通的整流二极管，其反向击穿电压V_{RRM}=800V、整流输出电流I_O=1A。它可以用极易得到的1N4007（1000V/1A）来直接代用。**（汤志成）**

Q 问：一台松下TC2588型彩电，以前使用一直正常，最近搬家后发现，在收看节目中经常会突然自动关机，拆机检查电源电路和行输出电路都没发现异常，这是何故？怎么排除？（湖北　王平建等）

A 答：该机出现这种自动关机故障的主要原因是保护电路动作所致。维修实践表明，其中行输出电流取样电阻R834阻值变大而导致保护电路动作是最常见的原因，只要用同规格的电阻调换R834即可彻底排除此故障。**（王德沅）**

编者按：本刊以往每期的“新品速递”文章里都会介绍各类应用的新型集成电路，“BGA”、“QFP”等字样频频出现在相应的介绍中，我们了解集成电路的功能、性能外，还需要了解其封装。“解读元器件封装”系列文章，将为初学者揭开“封装”的秘密。

解读元器件封装

元器件封装的基本概念与分类

文/门 宏

随着电子技术的迅猛发展，电子元器件的质和量都在不断提升，品种不断丰富。一方面，同一种元器件可能具有若干种不同的封装形式；另一方面，不同的若干种元器件可能具有相同的封装形式。这就要求我们对元器件的封装知识有一个基本的了解，能够根据需要正确选择合适的封装的元器件。

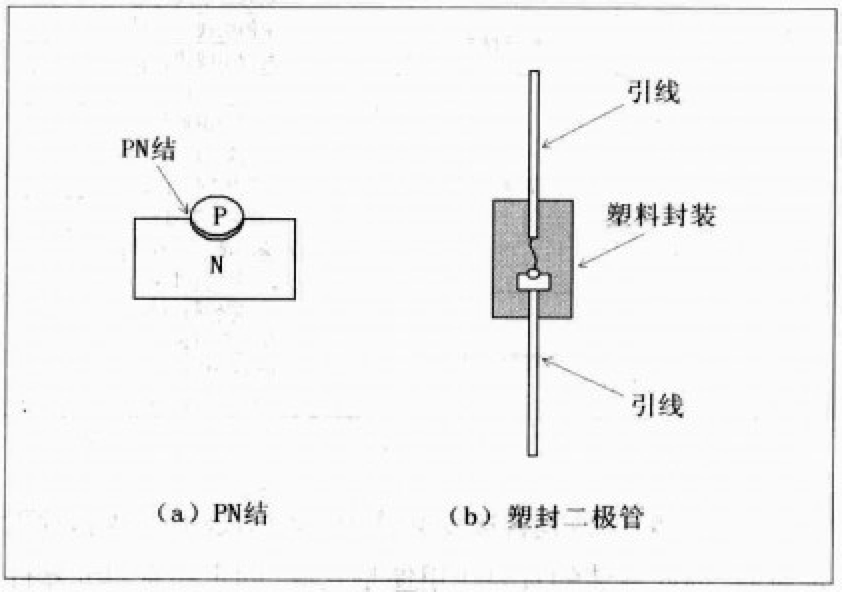


图1

什么是元器件的封装

封装，从动词角度看，是指将元器件内芯密封包裹起来；从名词角度看，是指密封安装元器件内芯的外壳。我们平时所看到的元器件，实际上看到的是它的封装。

广义上说，任何元器件都需要封装，特别是各种半导体分立器件和集成电路，更是必须经过封装才能提供应用。例如，半导体二极管是由一个PN结构成的，但我们不可能将一个PN结直接焊入电路，而是要将PN结用适当的材料（例如塑料）密封包裹起来，并接上两条引出线，成为我们平时看到的二极管（塑料封装），才能作为元器件来应用，如图1所示。

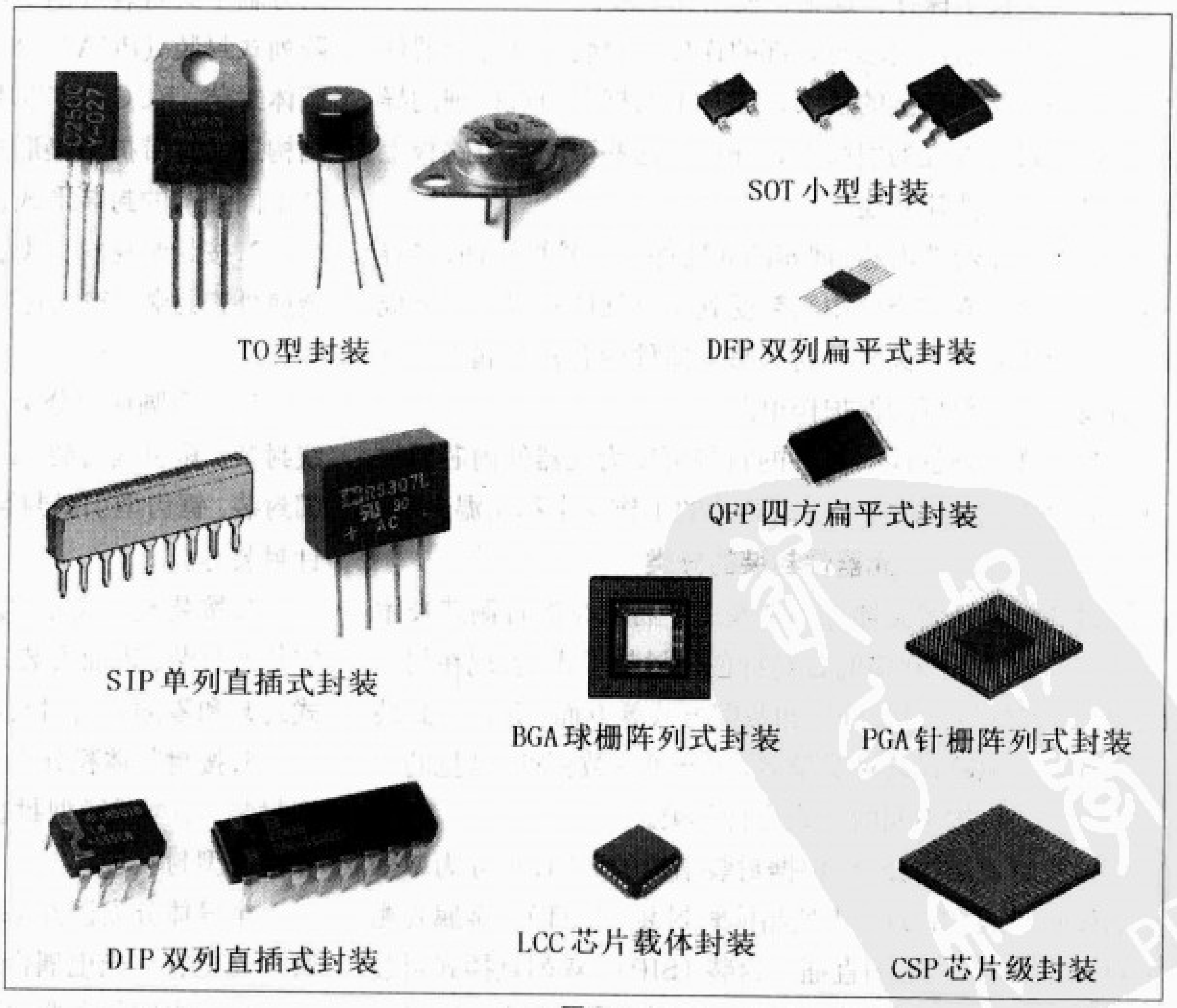


图2

元器件封装的作用

封装在元器件制造和应用中起着举足轻重的作用，封装不再是简单的元器件生产制造过程中的包装环节，而是已发展成为一个专门的技术领域。新型元器件的出现，往往伴随着新的封装技术的突破和新的封装形式的运用。

元器件封装的主要作用可以概括为：

1.密封固定元器件内芯。元

表1 半导体分立器件的主要封装形式

安装方式	封装材料	封装形式
插入安装式	金属外壳封装	圆形金属壳帽型封装
		菱形金属壳帽型封装
		方形金属壳帽型封装
		金属壳轴向引线封装
		金属壳螺栓型封装
	玻璃封装	底面引线式封装
		轴向引线式封装
	陶瓷封装	单侧引线式封装
		两侧引线式封装
		四侧引线式封装
	塑料封装	底面引线式封装
		轴向引线式封装
		单列直插式封装
		带散热器的单列直插式封装
		双列直插式封装
		双列扁平式封装
	树脂封装	单侧引线式封装
		两侧引线式封装
表面安装式	塑料封装	小型封装
		超小型封装
		微型封装
		微型4脚封装
		微型8脚封装
		紧凑的微型4脚封装
		超微型封装
	树脂封装	小型树脂封装
		超小型树脂封装
		极小型树脂封装
		大型树脂封装

表2 集成电路的主要封装形式

安装方式	封装材料	封装形式
插入安装式	金属外壳封装	金属圆形封装
		金属圆形四边引线封装
		金属菱形封装
	陶瓷封装	单列直插式封装
		带散热器的单列直插式封装
		双列直插式封装
		带散热器的双列直插式封装
		双列扁平式封装
		四方扁平式封装
	塑料封装	单列直插式封装
		带散热器的单列直插式封装
		双列直插式封装
		带散热器的双列直插式封装
		四列直插式封装
		双列扁平式封装
		四方扁平式封装
		缩小型塑料封装
表面安装式		"Z"引线型塑料封装
	陶瓷封装	翼形引线片式载体封装
		"J"形引线片式载体封装
		反"J"形引线片式载体封装
		薄型小尺寸封装
		球栅阵列式封装
		针栅阵列式封装
		无引线芯片载体封装
	塑料封装	翼形引线片式载体封装
		"J"形引线片式载体封装
		反"J"形引线片式载体封装
		薄型小尺寸封装
		四方扁平式封装
		球栅阵列式封装
		针栅阵列式封装
		无引线芯片载体封装
		板上芯片封装

器件内芯一般不适宜直接安装使用，特别是半导体芯片更是脆弱，因此封装的首要作用便是安放、固定和密封元器件内芯，使其便于保存、运输、使用和安装。

2.建立元器件内芯与外部的连接。封装提供了元器件内芯与外部电路连接的桥梁，芯片上的接点通过极细的导线连接到封装外壳的引脚上，并通过这些引脚与电路板上的电路和元器件建立连接。

3.保护元器件内芯。裸露的元器件内芯易被损伤，半导体芯片如果暴露在空气中则会受到不良气体的侵蚀，造成电气性能下降甚至失效，封装将元器件内芯密封起来与外界隔离，起到很好的保护作用。

4.增强电热性能。良好的封装可以为元器件内芯提供有效的散热通道，有利于提高芯片的工作频率和耐温性能。

元器件封装的分类

封装技术随着元器件制造技术、特别是芯片制造技术不断提高，形成了众多的各具特色的封装形式，表现在封装结构、封装材料、封装外形和装配方式等方面。元器件封装特别是集成电路封装种类繁多，细分可达数百种，常见的也有数十种。可按不同的方式进行分类。

1.按封装结构分类。根据封装结构的不同，可分为单个型晶体管封装（TO）、小型晶体管封装（SOT）、金属壳帽型封装（CAM）、单列直插式封装（SIP）、双列直插式封装（DIP）、四列直插式封装（QIP）、双列扁平式封装（DFP）、四方扁平式封装（QFP）、球栅阵列式封装（BGA）、针栅阵列式封装（PGA）、板上芯片封装（COB）、无引线芯片载体封装（LCC）和芯片级封装（CSP）等。以上有些封装结构还具有带护角垫形式、带散热器形式等。图2给出了部分不同结构的封装形式。

2.按封装材料分类。根据所用封装材料的不同，可分为金属外壳封装、玻璃封装、陶瓷封装、塑料封装、树脂封装等。

3.按引脚形状分类。根据引脚形状的不同，可分为长引线封装、短引线封装、I型引脚封装、J型引脚封装、L型引脚封装、锯齿型引脚封装、无引线封装、球状凸点封装和插针封装等。

4.按装配方式分类。根据装配方式的不同，可分为穿孔安装式封装、表面安装式封装、直接安装式封装、插座安装式封装和零插入力封装等。

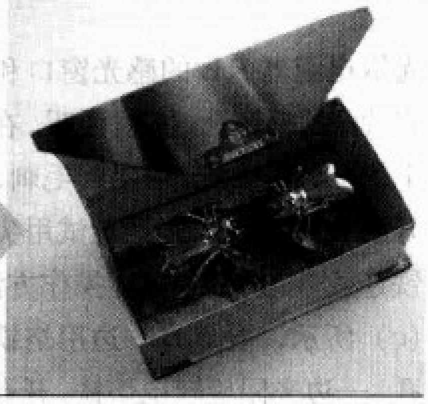
5.按封装体积分类。根据封装体积的不同，可分为普通型封装、小型或微型封装、超小型或超微型封装、薄型封装和超薄型封装等。

半导体分立器件（二极管、发光二极管、晶体管、晶闸管、光电管、光电耦合器件等）的主要封装形式见表1。

集成电路的主要封装形式见表2。

学·做·用

电子玩具——“斗蟋蟀”



文/张晓东

蟋蟀是乡间的宠儿，它曾给许多老一辈人的童年带来过不少乐趣。如今，生活在大都市里的人们难得一见蟋蟀，这不能不说是一件憾事！何不动手制作一个如题图所示的电子“斗蟋蟀”玩具呢？它设计巧妙，造型逼真，可达到以假乱真的效果。

每当打开这种玩具的盒盖时，一对酷似斗架的“蟋蟀”便晃动着发出动听的“唧唧——唧唧唧”叫声来，有声有形，栩栩如生！

一、工作原理

“斗蟋蟀”的电路如图1所示，其核心元件是模拟声集成电路IC。光敏电阻器RL用于控制电路工作与否，压电陶瓷片B用作电—声转换，它能将IC输出的电信号直接转换成为模拟蟋蟀叫声。

平时，关闭着的玩具盒使光敏电阻器RL无法感受到外界自然光线，所以RL呈高电阻值，模拟声集成电路IC的高电平触发端TG处于低电平（$<1/2V_{DD}$），IC内部电路不工作，压电陶瓷片B无声。打开玩具盒盖，光敏电阻器RL受到外界自然光线照射变为低电阻，模拟声集成电路IC的TG端获得高电平（$\geqslant 1/2V_{DD}$），其输出端OUT1、OUT2反复输出内储的模拟蟋蟀叫声电信号，推动压电陶瓷片B不停地发出清脆逼真的蟋蟀叫声，直到关闭玩具盒盖为止。

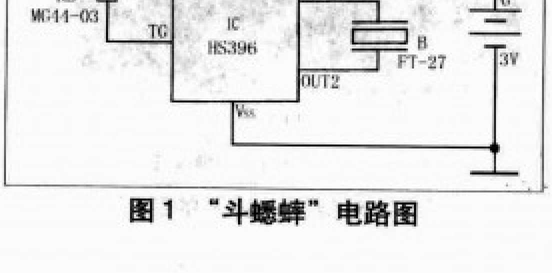


图1 “斗蟋蟀”电路图

二、元器件选择

本制作仅用了4种电子元器件，为了方便初学者易认易购，特给出它们的实物外形如图2所示。

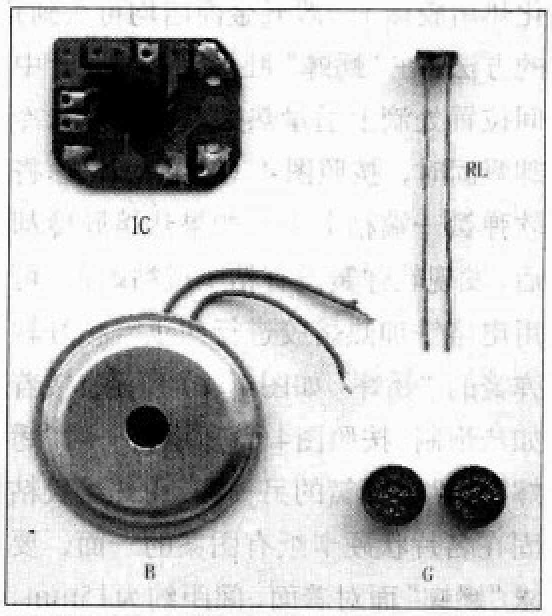


图2 “斗蟋蟀”所用元器件实物外形图

IC选用HS396型模拟蟋蟀鸣叫声专用集成电路，它采用黑胶封装形式制作在尺寸仅为23mm × 19mm的小印制电路板上（俗称软包封装），并设计有直接焊接金属电池夹、固定两粒串联的AG3型扣式氧化银电池的位置，使用很方便。HS396的主要参数为：工作电压范围2.4V～3.6V，典型值为3V；触发电压（正脉冲或高电平有效）$\geqslant 1/2V_{DD}$，触发电流≤70μA；音频输出电流最大可达3mA，静态总耗电≤1μA；工作温度范围−10℃～60℃。

RL宜选用MG44-03型塑料树脂封装光敏电阻器。这种光敏电阻器的管芯由陶瓷基片构成，在上面涂有硫化镉多晶体并经烧结制成；由于管芯怕潮湿，所以在其表面涂上了一层防潮树脂。该封装结构的光敏电阻器，因为不带外壳，所以称为非密封型结构光敏电阻器，它的受光面就是其顶部有曲线花纹的端面。RL也可用其他亮阻≤5kΩ、暗阻≥1MΩ的普通光敏电阻器来代替。

B最好采用带有金属助声腔盖（也叫共振腔盖或共鸣腔盖）的FT-27或HTD27A-1型（φ27mm）压电陶瓷片，以增大发音量。带有塑料助声腔盖的压电陶瓷片虽也能用，但发声没有金属助声腔盖的响亮。这种带金属助声腔盖的压电陶瓷片，也可拆自用过的音乐贺年卡。

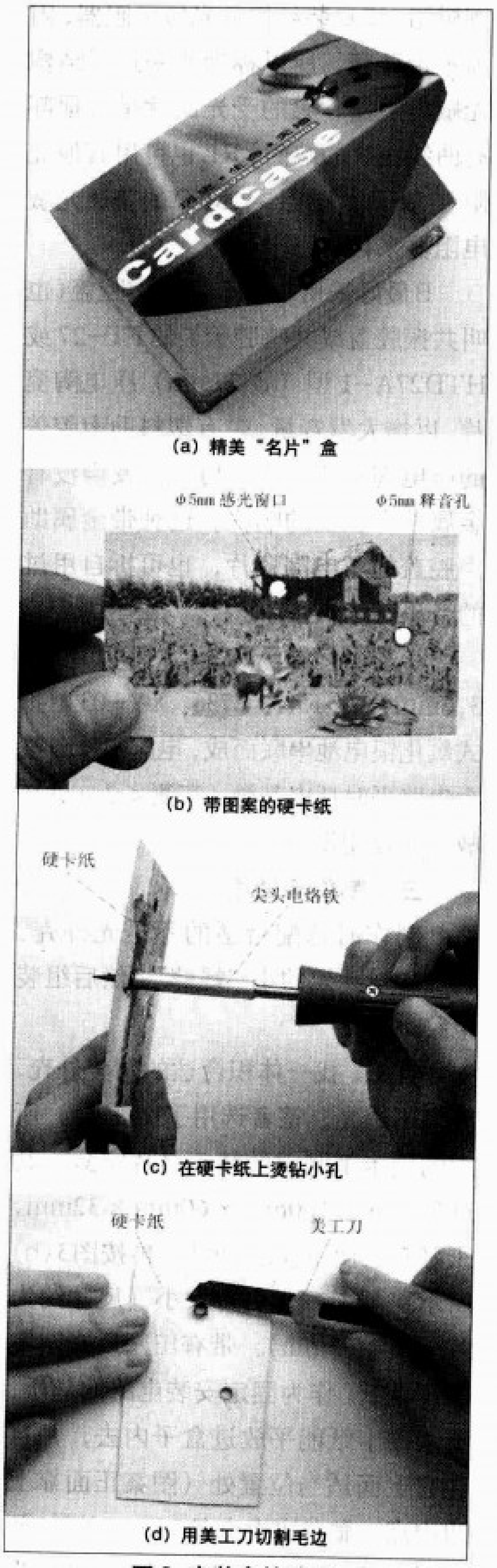
G采用两粒AG3（φ7.9mm × 3.6mm）或SR41、L736、XY-03型扣式氧化银电池串联而成，电压3V。因整个电路平时耗电甚微（实测＜3μA），故不必设电源开关。

三、制作与使用

制作时选配合适的不透光外壳、购配一对斗架的小“蟋蟀”，然后组装电路：

首先，找一体积合适的精美外壳，要求不透光。笔者选用了图3（a）所示的硬卡纸制成的精美名片空盒，其外形尺寸为100mm × 60mm × 32mm，正好满足使用要求。另外，再按图3（b）所示，配上一张名片大小（尺寸约为92mm × 55mm）、带有田园风光图案的硬卡纸，作为固定安装电路的基板，要求硬卡纸能平放进盒子内去，并且在它上面适当位置处（图案正面靠上边中点、靠右边中点各15mm处），预先开出两个φ5mm的小孔，分别作为

光敏电阻器RL的感光窗口和压电陶瓷片B的释音孔。实践证明，在硬卡纸上用电钻打小孔，容易起毛刺，用小刀开圆孔又不规则。笔者试用尖头电烙铁连烫带钻开孔，具体操作方法如图3(c)所示，要点是一边用烙铁头扎小孔、一边来回旋转电烙铁，开孔效果不错，其方法简单便捷，特推荐给读者。



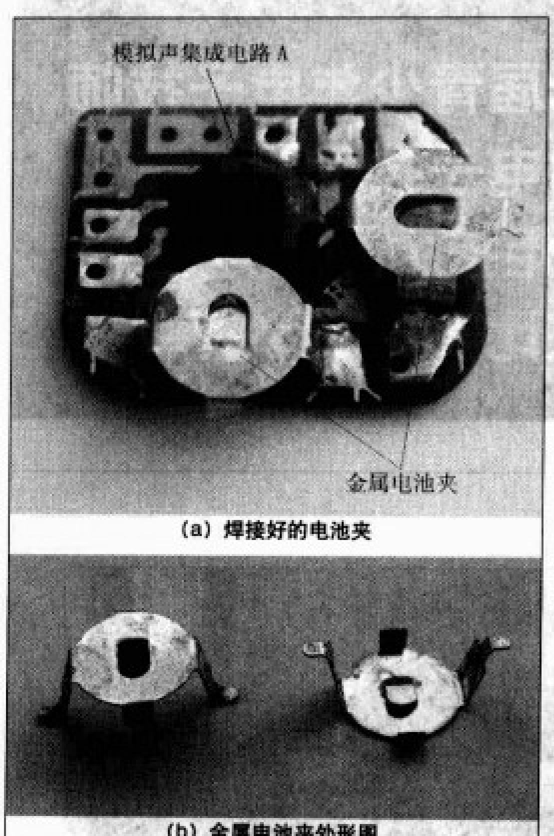
(a) 精美"名片"盒
(b) 带图案的硬卡纸
(c) 在硬卡纸上烫钻小孔
(d) 用美工刀切割毛边
图3 安装盒的选配

操作时注意，电烙铁温度不要太高(可拔掉插头用余热)、烙铁头在硬卡纸上停留的时间也不要太长，以免点燃或焦化硬卡纸。钻好的小孔，在背面存在有毛边，可按图3(d)所示用刀口锋利的美工刀(或刮胡须用的刀片)切割平整。

然后，对照图4(a)所示，从工艺品商店买来一对身长约35mm，采用硬塑料压形、外涂金色、肚下粘有一片绿叶的漂亮仿真小蟋蟀，并各配上图4(b)所示的ϕ 8mm × 12mm软弹簧。按照图4(c)所示，采用电烙铁加热熔化热熔胶棒(一般五金商店均可买到)的方法，在"蟋蟀"肚子底下的绿叶中间位置处滴上适量热熔胶，在尚未冷却凝固时，按照图4(d)所示快速将软弹簧一端粘上去。如果热熔胶冷却后，发现软弹簧没有粘牢或粘端正，可用电烙铁加热熔胶进行纠正。粘好软弹簧的"蟋蟀"如图4(e)所示。接着如法炮制，按照图4(f)所示将一对"蟋蟀"所粘软弹簧的另一端，用热熔胶粘固在名片状硬卡纸有图案的一面，要求"蟋蟀"面对着面，间距约为15mm，这样抖动一下硬卡纸，一对"蟋蟀"就会晃动起来，酷似在斗架。

最后，在模拟声集成电路IC的基板上按图5(a)所示焊接图5(b)所示的两个相同金属电池夹。电池夹可拆自废旧音乐贺年卡，也可按图6给定的尺寸用薄铁片或磷铜片加工制成，共需两个。采用电烙铁加热熔化热熔胶棒的简便方法，将模拟声集成电路IC粘贴在名片状硬卡纸背面偏右下角的位置处，将光敏电阻器RL和压电陶瓷片B分别粘固在硬卡纸背面所预开的对应小孔位置处，注意光敏电阻器RL的感光面应刚好伸出硬卡纸上所开出的感光窗口，压电陶瓷片B的共振腔口应正好对着硬卡纸上所开出的释音孔。接下来，按照图7所示的"斗蟋蟀"电路接线图，将光敏电阻器RL、压电

(a) 一对小"蟋蟀"
(b) 一对软弹簧
(c) 用电烙铁加热热熔胶棒
(d) 粘固软弹簧
(e) 粘好软弹簧的"蟋蟀"
(f) 粘好"蟋蟀"的硬卡纸
图4 斗架"蟋蟀"的装配



(a) 焊接好的电池夹

(b) 金属电池夹外形图

图5 电池夹的装配

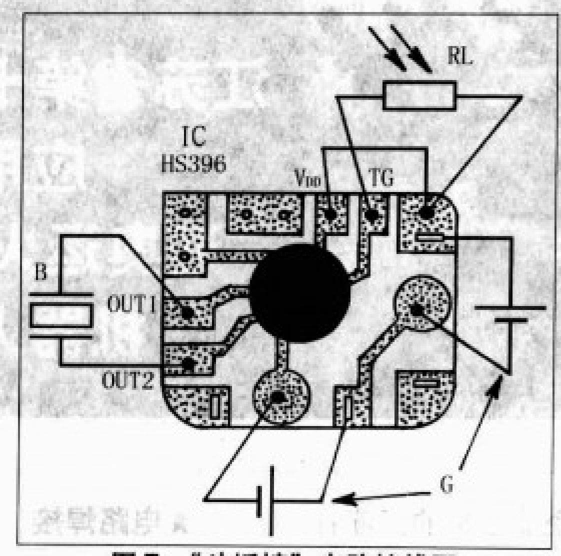
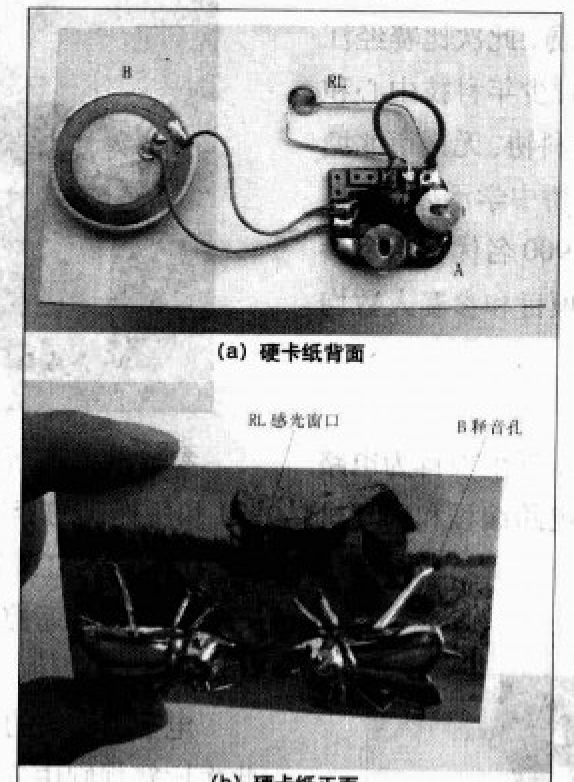


图7 “斗蟋蟀”电路接线图



(a) 硬卡纸背面

(b) 硬卡纸正面

图8 焊接好的电路

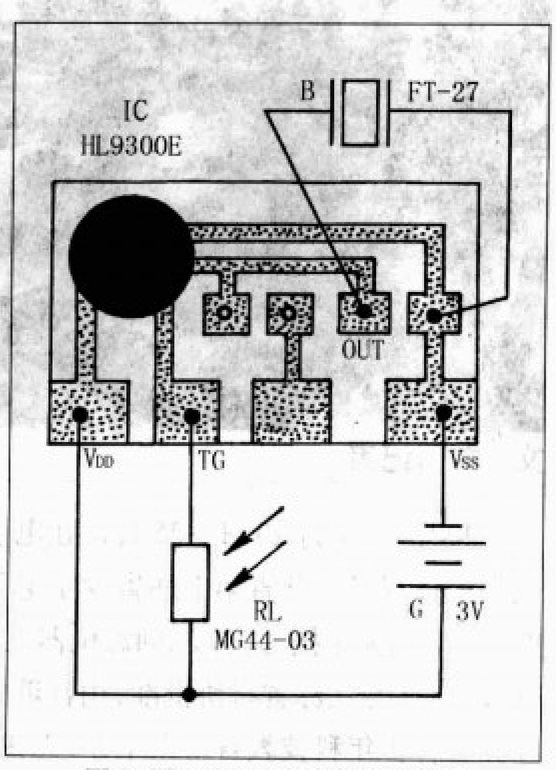


图9 HL9300E集成电路接线图

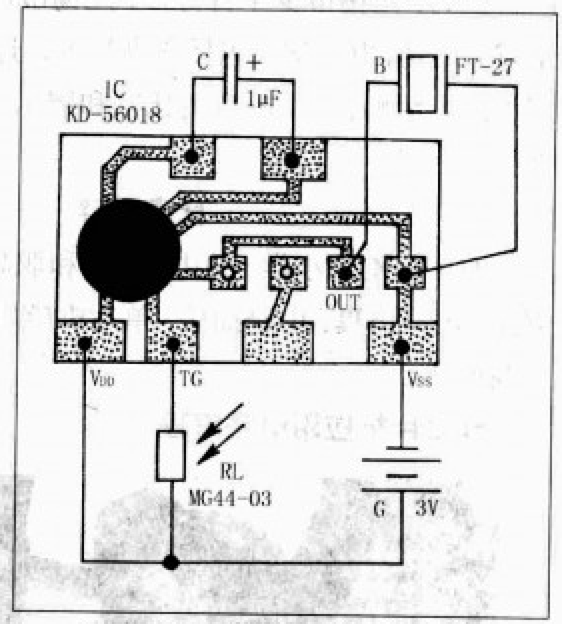
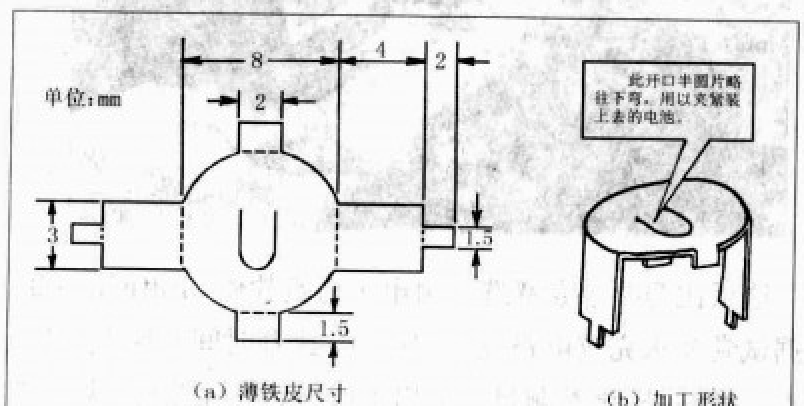


图10 KD-56018集成电路接线图

陶瓷片B和模拟声集成电路IC三者通过引脚（线）连接起来，其焊接好的实物如图8所示。焊接时注意：电烙铁外壳一定要良好接地，以免交流感应电压击穿IC内部的CMOS集成电路！

焊接好的电路只要元器件质量有保证，接线没有错误，通电便会正常工作。给图8中的模拟声集成电路IC装上两粒AG3型扣式氧化银电池（注意：两粒电池的负极均与电路板上的铜箔相接触、正极均与金属电池夹相接触），在自然光照环境下，压电陶瓷片B会反复发出“唧唧——唧唧唧”的叫声来。将整个电路装入盒子内，并合上盖子，“蟋蟀”叫声即会自动停止。

以后使用时，随着盒子上盖的打开和关闭，晃动着的“蟋蟀”便会自动发出叫声或停止发声。由于整个装置平时静态电流实测仅为3μA，工作时最大超不过1mA，故用电很节省。



(a) 薄铁皮尺寸　(b) 加工形状

图6 自制电池夹示意图

四、补充说明

1.读者如果购买不到HS396型模拟蟋蟀鸣叫声专用集成电路，也可用其他同类模拟声集成电路来直接代换。通常这类集成电路的内部电路几乎是一样的，所不同的是各生产厂家或订货商采用了不同的小印制电路板或标上了属于自己企业的型号。读者只要分清楚这类集成电路的电源正极（V_{DD}端）、电源负极（V_{SS}端）、高电平触发端TG和音频输出端OUT1、OUT2（有时无该脚，直接与V_{SS}共用），不管型号、外形如何，均可直接接入电路代替HS396型模拟声集成电路。图9给出了采用HL9300E型模拟蟋蟀鸣叫声专用集成电路的接线图，图10给出了采用KD-56018型模拟蟋蟀鸣叫声专用集成电路的接线图，其中的C为外接振荡电容器，采用CD11-10V型电解电容器即可。

2.本制作的外壳除了选用方形硬纸盒外，还可采用其他不透光的塑料工艺品或玩具小盒，制作出来的“斗蟋蟀”玩具就更具有特色了。

江苏省第七届青少年电子技师应用电子技术暨“迎奥运火炬接力”主题创意机器人比赛成功举行

文 / 本刊记者

2007年11月23日-25日，在电子企业云集的江苏省无锡市举行了江苏省第七届青少年电子技师应用电子技术暨“迎奥运火炬接力”主题创意机器人比赛，此次比赛经江苏省教育厅、江苏省科协批准，由江苏省青少年科技中心和江苏省青少年科技教育协会主办，无锡市科协、无锡市北塘区科技局、无锡市少年宫协办，无锡市社桥中学承办。来自全省70多所中小学（包括职高）校，近900名优秀选手参加了四个组别、五个项目的比赛和展示。项目和参赛人数均创历史之最。

比赛内容

四个组别为小学、初中、高中和职高，五个项目为电路焊接、电路仿真、电路插接、单片机应用电路编程和单片机主题创意。

★单片机应用电路编程

这个项目是2006年随着单片机智能控制技术的引入而设立的，比赛形式为选手将比赛器材购回在学校组装好，根据所要求的功能编好程序，然后将作品带到比赛现场进行展示比赛。每位选手展示两次，取最好一次的成绩，现场可修改程序。比赛的具体内容为：

小学组：程控挖土机。比赛时小车先原地转动90度，再做一次挖土动作，然后前进50cm，比较前轮离目标的距离大小。

初中组：汽车寻迹。比赛时走一段S型折线，折线分三段，每段50cm长，3.5cm宽，相邻两段折线夹角为150°。比较小车走折线的速度快慢。

★电路焊接

参赛选手按所发试卷的电路图（包括印制电路板接线图）和所提供的套件，在现场完成焊接装配，并实现电路功能。小学组为红外遥控飞机、初中组为红外遥控海狮戏球、高中组为红外遥控鲸鱼、职高组为声控音乐圣诞树。比赛时间为1.5小时。

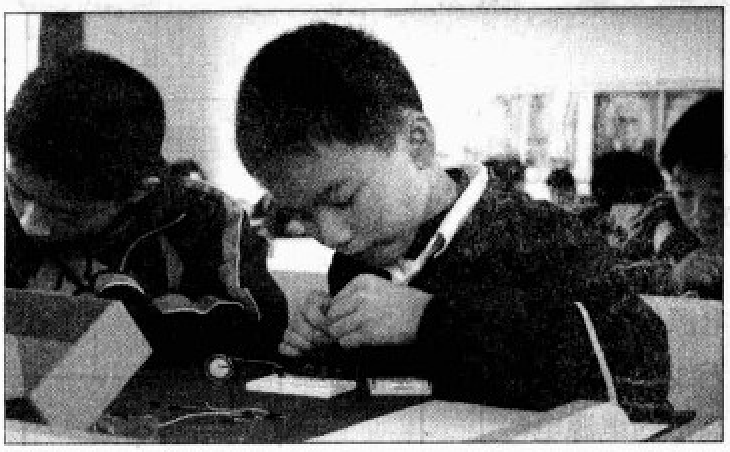
电子制作类的比赛经常会遇到个别元器件损坏的情况，此次比赛规则中安排了15分钟的元器件检测环节，如果发现有异常元器件可现场更换。检测完后才开始正式比赛，避免了因器材的问题导致制作失败，有利于选手发挥水平。

★电路仿真

这项比赛要求参赛选手用电子仿真软件Multisim2001根据试卷要求完成电路设计和仿真。比赛时间1小时。和往年不一样的是，试卷题目仅给出了所用到的元器件，需参赛选手根据电路功能进行连接，使得比赛过程不是简单的电

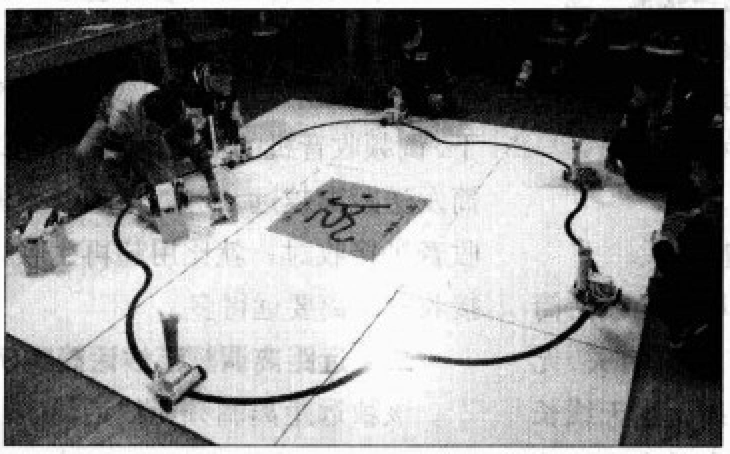
路图绘制，增加了比赛的灵活性和对能力的考查，选手要动脑思考后才能够组合、连接出正确的电路。

★电路插接



这是个传统项目，要求选手根据电原理图用插接方法在面包板上用提供的套件现场完成电路连接，实现电路功能。比赛所用的电路，小学组为声控延时灯、红外遥控延时灯；初中组为多谐振荡器、光控闪烁灯；高中、职高组为三管循环灯、声控方便灯。比赛时间为1小时。

特别看点



2008年北京奥运会火炬接力传递将经过江苏省内的苏州、南通、泰州、扬州和南京5个城市。此次比赛特别设立了“迎奥运火炬接力”主题创意机器人活动，广大青少年通过电子技术设计，制作和开展单片机控制的火炬接力小汽车，表达激情参与奥运，心系伟大祖国的浓浓爱国之情，象征通过火炬接力把北京奥运会吉祥美好的祝福传遍全中国，带给全世界。这项活动集科学性、趣味性和观赏性于一体，是此次比赛最精彩的项目。

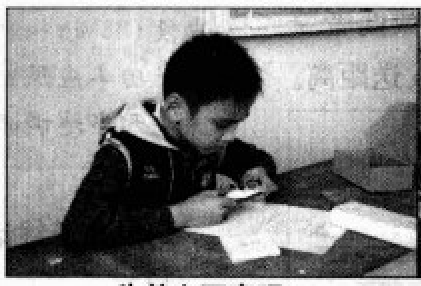
比赛内容为每队5辆小汽车，第1辆汽车由选手启动，沿比赛路径到达第2辆车所在位置，启动第2辆小汽车和它上面运载的火炬，依此类推直到第5辆小汽车到达终点点亮主火炬。比赛中各队选手积极发挥创意和想象，有的把终点设计为穿过花环，有的设计为升国旗奏国歌，有的还设计为点亮天安门城楼的彩灯，真是创意新颖、精彩纷呈，每次成功点燃主火炬都赢得阵阵热烈的掌声！

赛场花絮

在电路仿真比赛中，小学组的题目是用所给出的元器件组成一个键控延时灯，要求实现灯泡亮一段时间后能自动熄灭。在比赛现场，记者看到一名刚参加完比赛的小学三年级的同学，指着考试题目懊悔不已：“我的灯怎么不灭呢？我的灯怎么不灭呢？”说着说着就坐在地上哭了起来。那份认真、那份投入、那份执着真令人感动。每个有过亲身经历的电子爱好者都知道，只有经历了冥思苦想、精心每一步操作之后才会有这样强烈的感情。记者本想把这一感人的画面拍下来，但是实在不忍心看到他不停地抹眼泪，赶紧上前给他打气：小伙子，没关系，从哪里跌倒了再从哪里爬起来，吸取教训，下次再来！一定能成功！

报告裁判，我做好啦！

检查一下，OK，通过！



为什么不亮呢？

我们胜利啦！

未来展望

据江苏省青少年电子技师认定活动组委会金明钧秘书长介绍，自2001年至今，江苏省青少年电子技师认定活动已经开展了7年，这期间全省有300多所学校，近5万名同学参加了这项活动，有6000多名同学经过努力，取得了三级、二级或一级“青少年电子技师”的光荣称号。记者还了解到，南京三中的一位刘峰同学，在小学阶段参加了“认定活动”，进入初中和高中后，不但学习物理非常轻松，还运用掌握的电子技能进行创造发明，作品多次获得省一等奖。

价格平民化的高科技机器人，丰富多彩的电子制作及广大青少年勇于实践、热情参与、硕果累累的典型示范，必将吸引全省乃至全国更多的青少年，激发他们对电子科学的强烈兴趣，培养出更多的优秀人才！

本刊下期将刊登此次比赛的部分试题，供读者和广大学校师生参考。有关此次比赛的详情可登陆江苏省青少年科技中心网站 www.js5461.org 查询。

怎样加大无线话筒发送距离

文/莫　恩

2007年第9期杂志中的《怎样制作无线话筒》一文刊出后，有读者问如何能够加大无线话筒的发送距离。本文就此问题作一介绍，并给出一款远距离调频无线话筒的制作实例。

一、加大无线话筒发送距离的基本方法

调频无线话筒是一个无线发射装置，它与相配套的接收装置一起，构成无线传输系统。业余爱好者制作和使用调频无线话筒时，一般都利用调频收音机作为接收装置，如图1所示。增大调频无线话筒的发射功率，或提高调频收音机的接收灵敏度，或两者兼用，都可以加大无线话筒的发送距离。

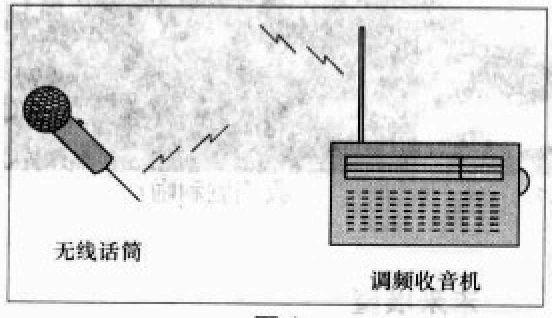


图1

1.增大无线话筒发射功率

最简单的调频无线话筒电路原理如图2所示，音频调制后的高频振荡信号直接经天线发射，发送距离一般为20m～30m。如果按图3所示在高频振荡级后增加一高频放大级，由于高频放大级提高了发射功率，在采用小功率高放管时可使发送距离达到数十米。如果采用较大功率的高放管，发送距离可达到数百米。

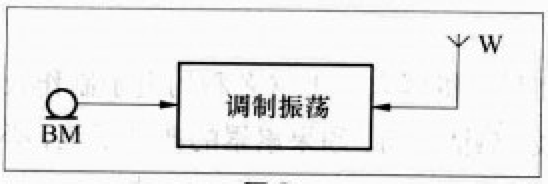


图2

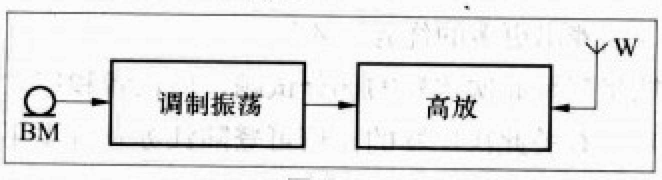


图3

适当提高无线话筒电源电压也可增大发射功率，例如将无线话筒电源电压由3V提高到6V。提高后的电源电压应在所用晶体管极限参数的安全范围内，提高较多时应重新设计和调整电路工作点。

> 需要提醒读者的是，无线话筒作为一种无线电发射装置，制作和使用中必须遵守国家无线电管理的有关规定。特别是工作于调频广播波段(88MHz～108MHz)的无线话筒，发射功率应限制在毫瓦(mW)级，并应避开当地调频广播电台的频率。

2.提高无线话筒发射效率

提高发射效率可以增加无线话筒的发送距离。发射效率与天线有关，无线话筒大多采用鞭状天线，当天线长度为1/4波长时发射效率最高，因此可根据发射频率调整天线长度。例如无线话筒发射频率为100MHz，当天线长度为75cm（1/4波长）时效率最高，自然发送距离就远。

采用加感线圈可缩短天线长度，加感线圈L可加在天线根部，也可加在天线中部，如图4所示。

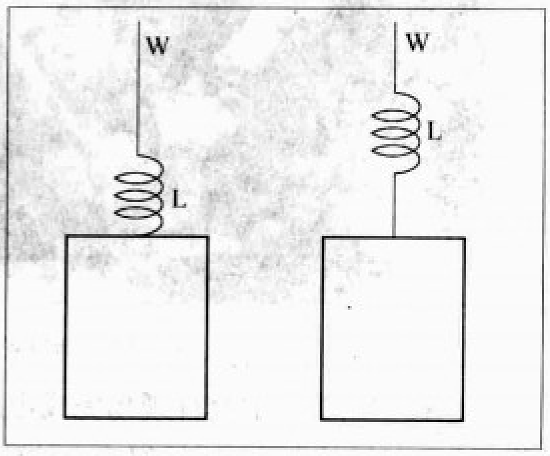


图4

3.提高接收机灵敏度

提高接收机的灵敏度也是增加无线话筒发送距离的有效方法。在调频无线话筒发射功率和效率不变的情况下，调频收音机的灵敏度越高，无线话筒发送距离越远。例如用超外差调频收音机接收时，就比用超再生收音机接收的距离要远得多。

二、远距离调频无线话筒实例

该款远距离调频无线话筒实用发射距离可达500m以上，工作频率约98MHz，具有高灵敏度和高清晰度的特点。电路全部采用晶体管等普通元器件，易于选购，制作容易，调试方便。

1.电路工作原理

图5所示为远距离调频无线话筒的电路图。图中VT1构成音频放大器，

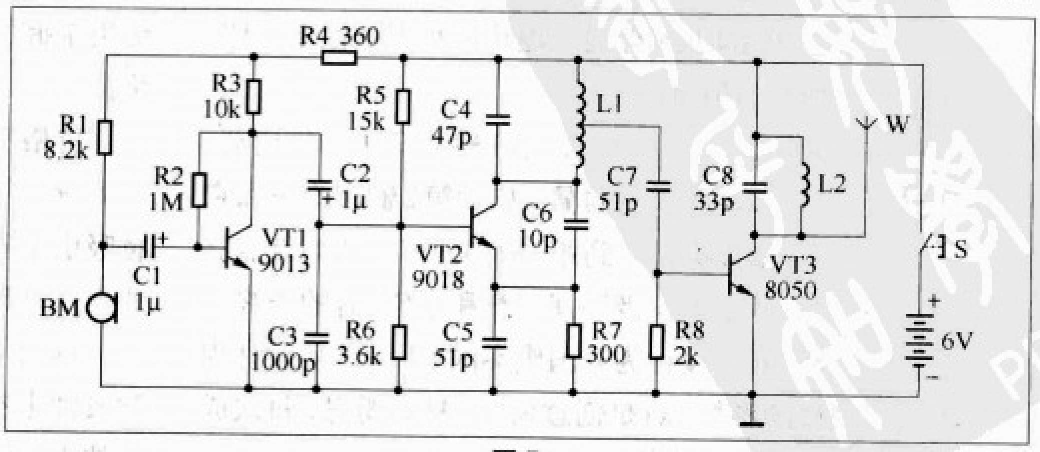


图5

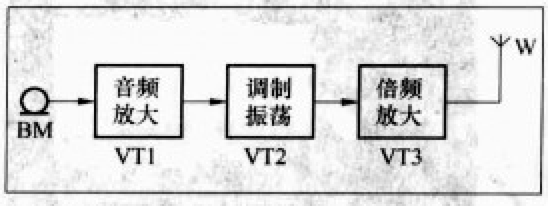


图6

VT2构成高频振荡器，VT3构成二倍频高频放大器。C4与L1组成高频振荡调谐回路，C8与L2组成高放调谐回路，谐振于振荡频率的二倍频上。整机使用6V层叠电池作电源。图6所示为电路原理方框图。

电路工作过程为：声音信号由驻极体话筒BM接收、转换成相应的音频电信号，送入晶体管VT1进行音频放大。晶体管VT2等构成三点式高频振荡器，振荡频率约49MHz 。VT1输出的音频信号加至VT2基极，使其结电容发生相应变化，从而使振荡频率随之变化，实现频率调制。被调信号再由VT3进行倍频放大后，约98MHz的调频无线电波经天线发射出去。

2.制作步骤

（1）电感线圈需自行绕制。L1利用一直径3.5mm左右的圆棒作为模具，用直径0.5mm裸铜丝或漆包线，在模具上绕10圈，脱胎为空心线圈，并将其均匀拉长为8mm，然后在线圈中间（5圈处）焊出一抽头引线，如图7所示。

（2）L2用直径0.5mm裸铜丝或漆包线，在直径3.5mm左右的圆棒模具上绕5圈，脱胎成为空心线圈，并将其均匀拉长为6mm即可，如图8所示。

（3）印制电路板如图9所示，电路板尺寸为35mm × 55mm，用单面敷铜板制成，并钻好元器件安装孔。

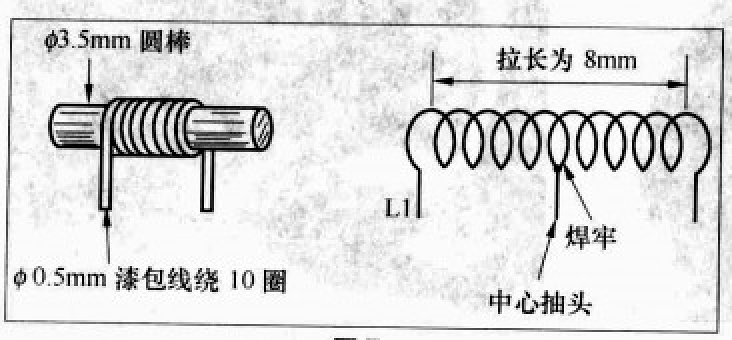


图7

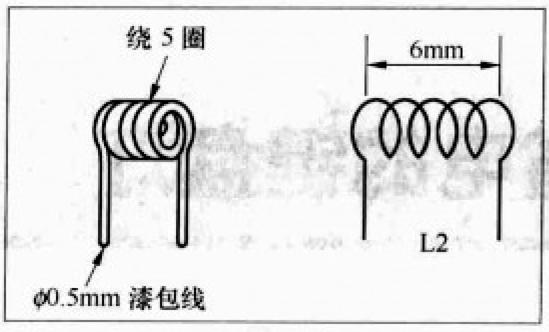


图8

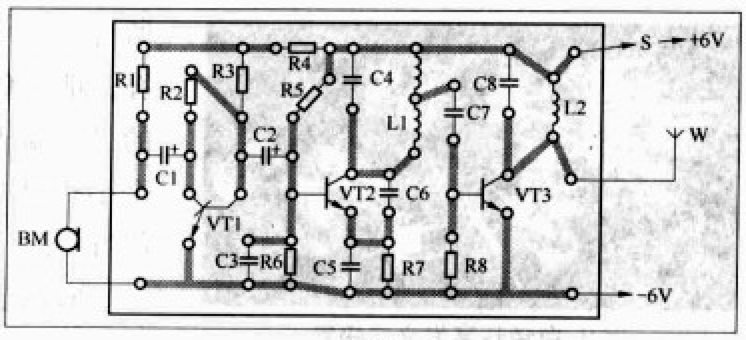


图9

（4）各元器件在电路板上的位置如图10所示，按图将元器件焊入电路板。由于驻极体话筒BM自身无引出线，需在其背后接点处焊上两截短导线后，方能焊入电路板。将电源开关S与电池扣板用导线连入电路板。天线是一段软导线，其一头焊入电路板相应位置。

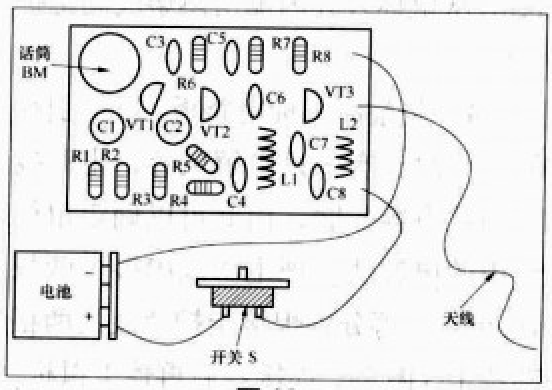


图10

（5）无线话筒外壳内电路板、驻极体话筒、电源开关、电池的位置如图11所示。电源开关直接固定在外壳上。电路板应用小螺钉或双面胶垫等固定在外壳中，不使其摇动。6V层叠电池位于下部，盖上后盖后，电池不应有大的晃动。

3.调试方法

整机组装结束检查无误，即可通电调试。

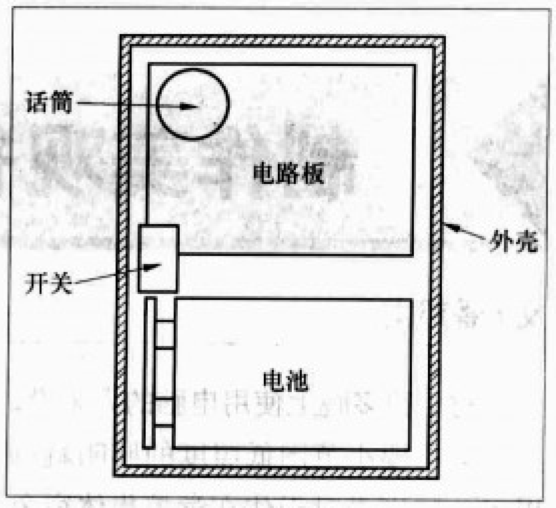


图11

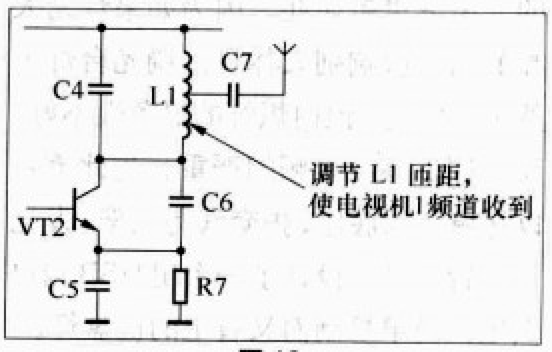


图12

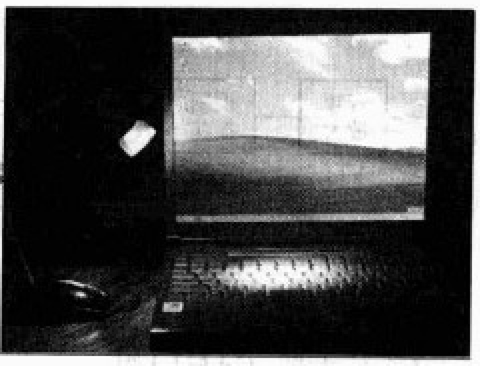
（1）调整高频振荡频率。如图12所示，将C7与VT3基极的连接临时断开，直接接天线。对着话筒讲话，同时调节L1的匝距，使在电视机1频道能接收到信号（1频道有无节目均可，画面表现为明显的干扰条纹），这时，无线话筒振荡频率约为49MHz。

（2）调整倍频调谐回路。C7恢复原状。调节倍频放大调谐回路电感L2的匝距，使调频收音机能在98MHz处接收到无线话筒的信号。调节过程中，应逐步关小调频收音机音量，并逐步拉开收音机与无线话筒的距离，细心调节，使L2、C8回路准确谐振在二倍振荡频率上。

如当地在98MHz附近有调频广播电台，可重新调节L1匝距改变振荡频率，并重新进行上述调整，以避开当地电台频率。

（3）调整受话灵敏度。调节电阻R1，使调频收音机接收到的无线话筒声音清晰度最好、灵敏度恰当、效果最佳。至此，远距离调频无线话筒便制作完成了。

制作美观省电的键盘灯



文 / 潘邦文

对于很多晚上使用电脑的人来说，其实只需要小范围低照度的照明就可以了，特别是对于住在学校集体宿舍的人来说更是如此，因为如果灯光太亮的话会影响别人休息。调光台灯虽然可以做到，但白炽灯的显色性不好，而且调低亮度时频闪严重，为此笔者以坏鼠标为底座，护套线为支架，发光二极管为光源设计了一个用USB端口供电、简单易制而又省电的键盘灯。

一、所需工具：电烙铁、螺丝刀、剪刀、万用表。

二、所需元件和材料：USB接口的坏鼠标一只（图1）、坏螺纹形节能灯灯头一个（图2）、白色超亮发光二极管若干（数量视个人喜好而定，图3）、双芯护套线30cm（图4）、松香锡丝若干、白色硬纸板一块、细导线若干、热熔胶若干。

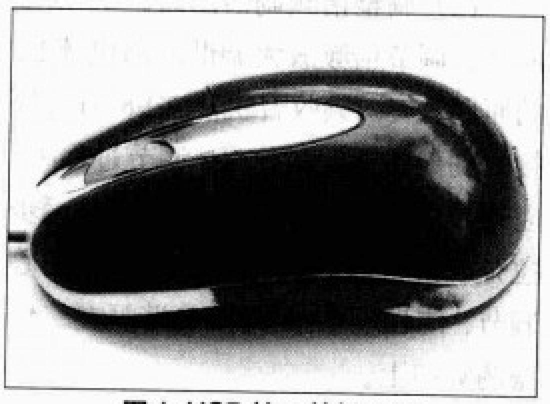


图1 USB接口的坏鼠标

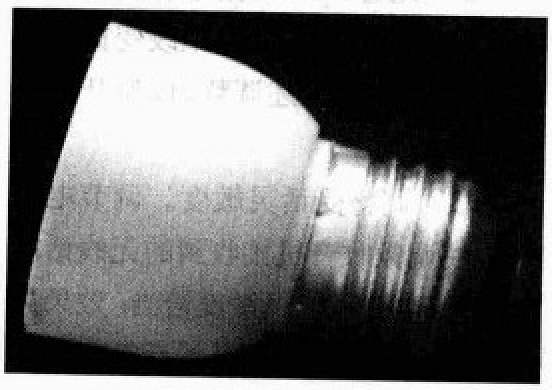


图2 螺纹形节能灯灯头

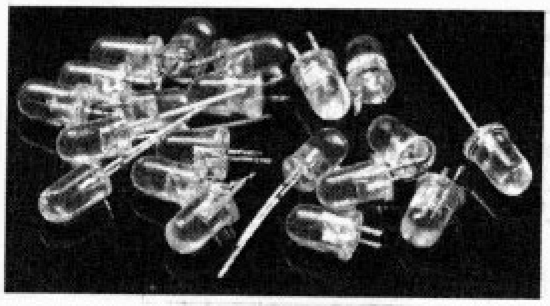


图3 白色超亮发光二极管

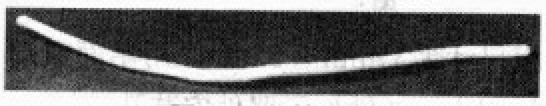


图4 双芯护套线

三、制作方法：

1.拆开鼠标，拿走内部电路，保留鼠标线。

2.用电烙铁在鼠标外壳的适当位置上开一个孔，并用剪刀尖在孔上钻，直到小孔扩大至穿过护套线即可。

3.把护套线从该孔插进鼠标约1cm，从鼠标外壳内侧用热熔胶固定护套线。

4.观察原鼠标电路板，鼠标引线的焊点附近有一只电解电容，电源线则和此电容并联，由此可以确定鼠标线中的电源线。把电源线串接上两只1N4001后再分别焊接于护套线的两根芯线上（图5）。焊接好后再盖上鼠标，键盘灯的底座和支架就完成了。

5.拆开坏的节能灯，只保留其灯头，把顶端的电极也去掉，去掉电极后留下一个小孔，把护套线的另一端从这个小孔穿进节能灯头。

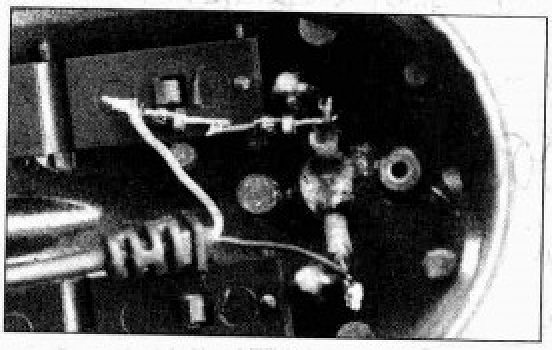


图5

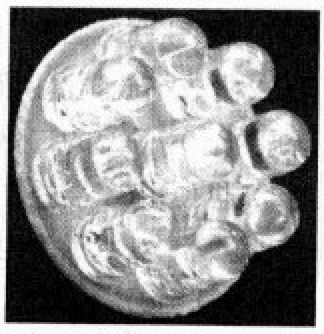


图6 焊接好的发光板

6.以节能灯灯头的内径为直径剪一圆形硬纸板，将发光二极管从纸板的一侧插到纸板上。为使发光均匀和美观，发光管最好呈同心圆且等距排列（图6），再用细导线在纸板的另一侧并联焊接所有发光管。

7.按正负极把这块由发光管组成的圆形发光板焊接到护套线上。

8.把发光板塞到节能灯灯头里，再用热熔胶固定发光板与节能灯灯头、节能灯灯头小孔与护套线的连接处。至此，一个省电实用而且长寿的键盘灯即制作完成（图7）。

晚上把这个键盘灯插到电脑的USB接口里，只要电脑接上电源，无论电脑是否开机，键盘灯均可发出明亮的白光，其亮度还足以看书写字。如果在线路上再串接一个开关固定于鼠标上，那么控制键盘灯的亮灭就更方

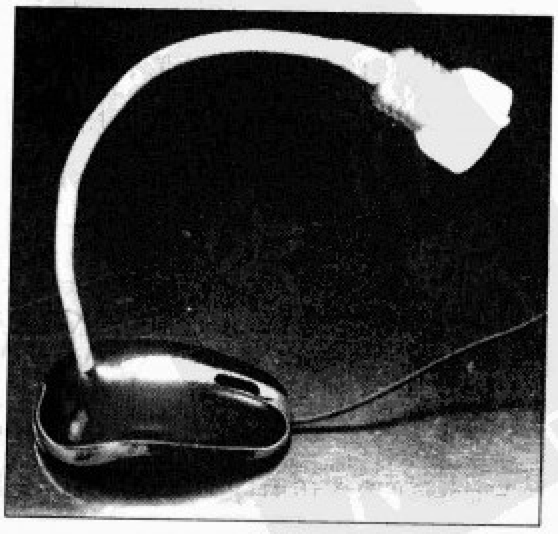


图7

解读元器件封装

识别半导体分立器件的封装形式（上）

文/门 宏

半导体分立器件的封装形式分为插入安装式和表面安装式两大类。插入安装式包括金属外壳封装、玻璃封装、陶瓷封装、塑料封装和树脂封装等，使用较多的是塑料封装和金属外壳封装。表面安装式包括塑料封装和树脂封装等，使用较多的是塑料封装。下面分别介绍二极管、发光二极管、晶体管、场效应管、晶闸管、光电二极管和光电三极管等半导体分立器件的主要封装形式与特点。

一、半导体二极管的主要封装形式与特点

1.从封装材料上看，半导体二极管的封装形式主要有玻璃封装、塑料封装、金属外壳封装、陶瓷封装和树脂封装等，如图1所示。检波二极管和开关二极管多采用玻璃封装或陶瓷封装，小功率整流二极管多采用塑料封装，大功率整流二极管多采用金属螺栓型封装，整流桥堆多采用塑料封装，稳压二极管多采用塑料封装或金属外壳封装。

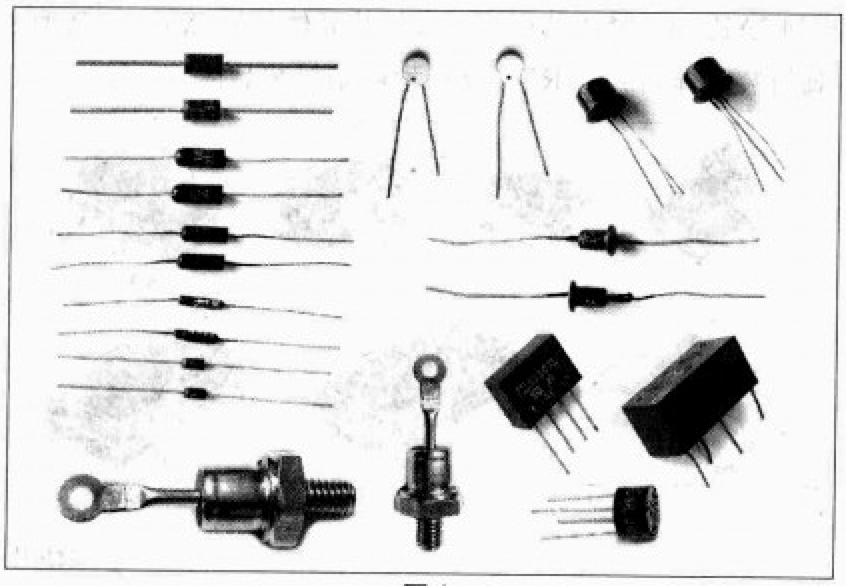


图1

2.从封装形状上看，半导体二极管的封装形状主要有DO型、EA型、ED型、EE型、EH型、EN型、ER型、ES型、ET型和B型等，如图2所示。

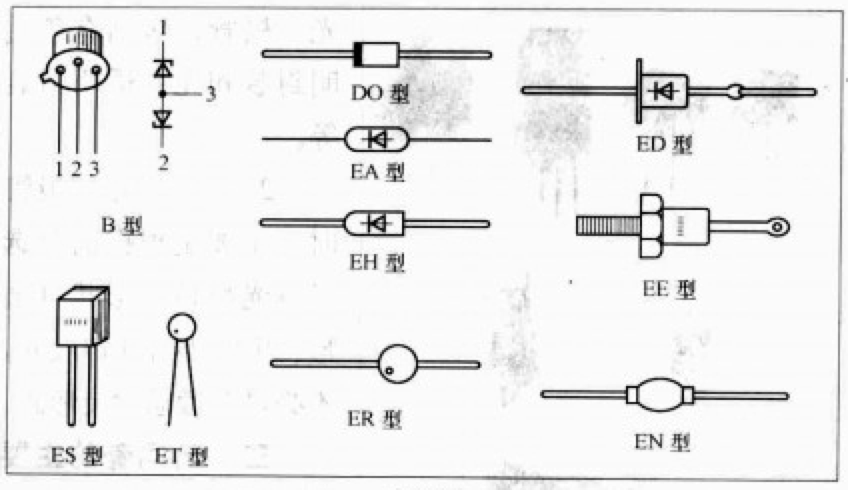


图2

3.片式二极管是表面安装器件，主要封装形式有SOD（小型封装二极管）、SRP（小型树脂封装）、SSP（超小型树脂封装）、ERP（极小型树脂封装）、LRP（大型树脂封装）、LLD（无引脚二极管）、UMD（超微型二极管）等。片式二极管外形如图3所示，内电路结构如图4所示。

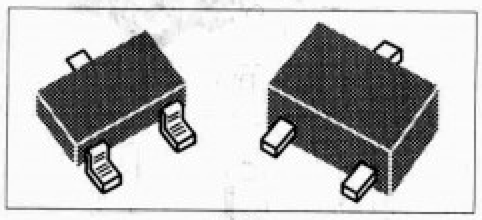


图3

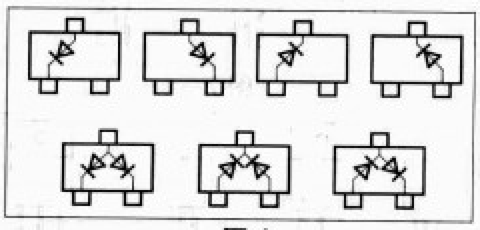


图4

4.各种封装形式的二极管各有其特点与适用场合。塑料封装二极管体积较小、重量较轻、价格低廉，适合大多数情况下的制作与维修。金属外壳封装二极管散热性能好、耗散功率大，适用于大电流场合。片式二极管尺寸小、安装密度高、高频特性好、易于实现自动化组装，主要应用于自动化流水线生产，在维修表面安装电路板时也有应用。

二、发光二极管的主要封装形式与特点

1.发光二极管的封装形式主要有塑料封装、金属外壳封装、树脂封装、无引线封装和片式封装等，图5所示为部分封装形式的发光二极管。目前使用较多的是塑料封装发

便了。白色超亮发光二极管的工作电压约3.6V，而USB的标称电压为5V，所以要在电源线上串联两只二极管作降压，其正向电流约20mA，9只并联后总电流约180mA，对于USB接口500mA的供电能力来说绰绰有余。理论上一个USB接口可以驱动25只LED，但为了保证USB接口的电源管理芯片能长期稳定工作，宜保留一定的功率裕量，实际上15只左右的亮度已经能够满足需要了。这个由9只LED组成的键盘灯经笔者长期使用，工作稳定，可谓高效、实用、安全，有兴趣的读者不妨一试。

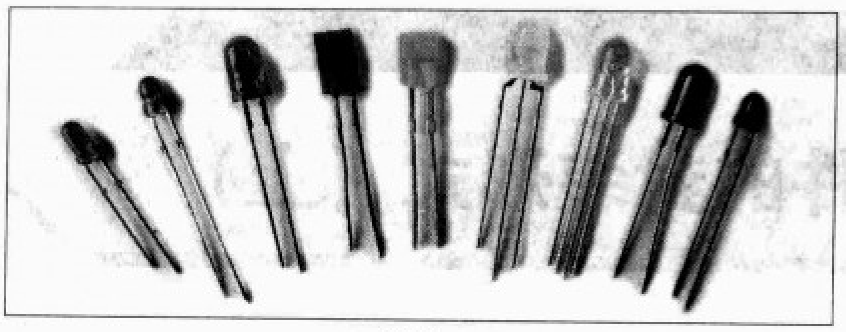


图5

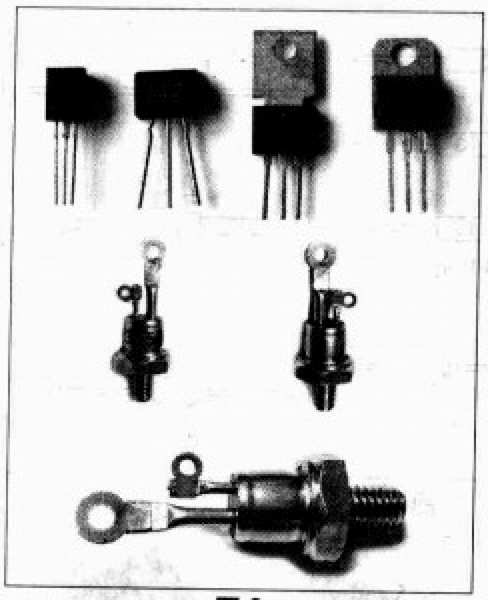


图6

光二极管，包括有色透明封装和无色透明封装等。

2.选用发光二极管时，主要是根据需要选择发光颜色、形状（圆形、矩形、异形）和尺寸，不必过多考虑封装形式。

三、晶闸管的主要封装形式与特点

1．按照封装材料，晶闸管的封装形式主要有塑料封装、带散热片塑料封装、陶瓷封装、金属外壳封装、金属螺栓型封装等，如图6所示。常见的小功率晶闸管多采用塑料封装，中功率晶闸管多采用带散热片塑料封装或金属螺栓型封装，大功率晶闸管多采用金属螺栓型封装。

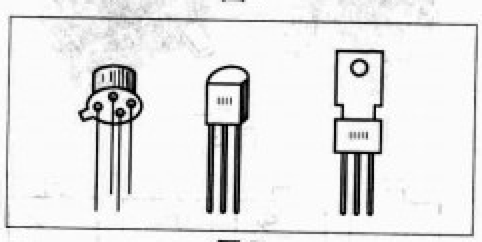


图7

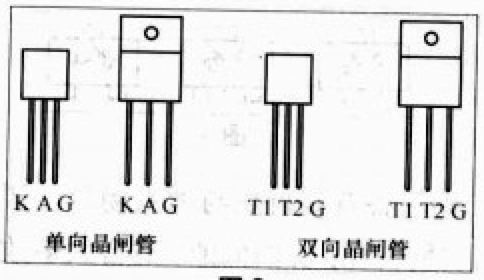


图8

2.从封装形状上看，晶闸管的封装形状主要有TO-92型、TO-72型、TO-220型、TO-202型和TO-48型等，如图7所示。单向晶闸管和双向晶闸管往往具有相同的封装形状，但引脚意义不同，见图8，应注意识别。

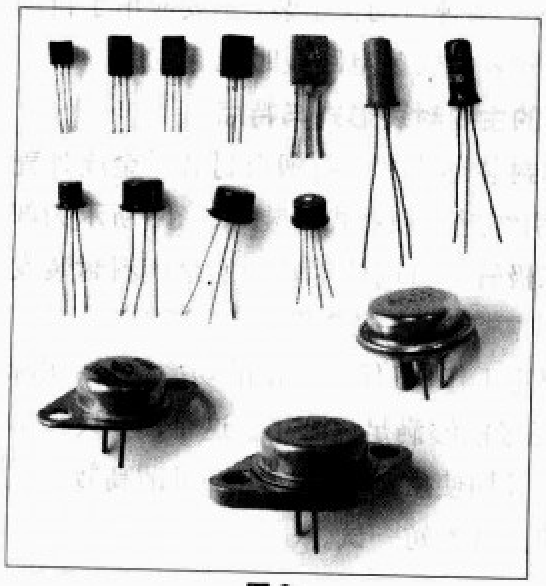


图9

3．塑料封装晶闸管（包括单向晶闸管和双向晶闸管）体积小、重量轻、价格低廉、安装方便，适合大多数情况下的制作与维修。功率较大场合可选用带散热片的塑料封装晶闸管，必要时安装散热器。

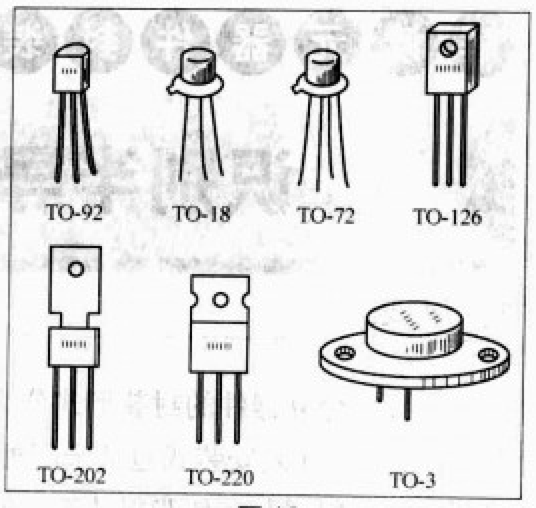


图10

四、晶体管的主要封装形式与特点

1.根据封装材料，晶体管的封装形式主要有金属外壳封装、玻璃封装、塑料封装、带散热片塑料封装、陶瓷封装和树脂封装等，如图9所示。常见的小功率晶体管多采用塑料封装，大功率晶体管多采用带散热片塑料封装或金属外壳封装。

2.从封装形状上看，晶体管的封装形状主要有TO-92型、TO-18型、TO-72型、TO-126型、TO-202型、TO-220型和TO-3型等，如图10所示。

3.片式晶体管是表面安装器件，主要封装形式有SOT（小型封装晶体管）、SMT（表面安装晶体管）、MPAK（微型封装晶体管）、MPAK-4（微型4脚封装晶体管）、CMPAK-4（紧凑的微型4脚封装晶体管）、MOP（微型8脚封装晶体管）、URP（极小型树脂封装晶体管）等。片式晶体管外形如图11所示，内部电路结构见图12。

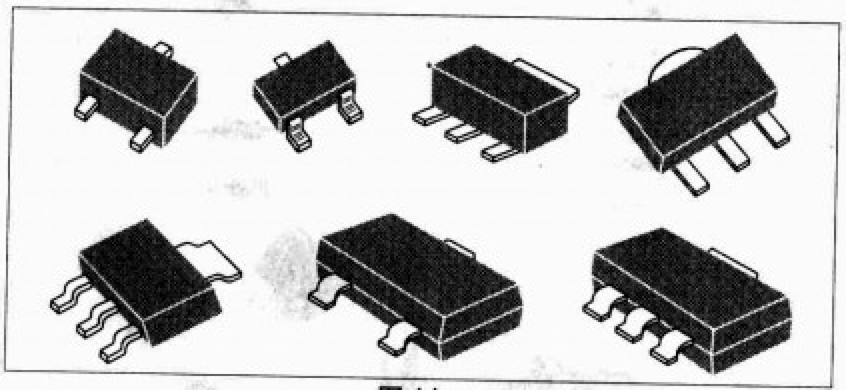


图11

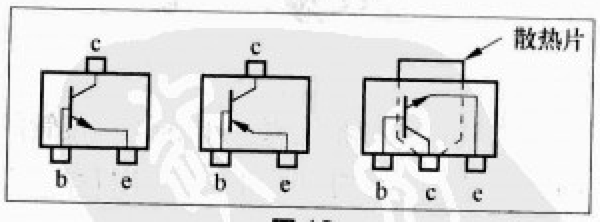


图12

4.各种封装形式的晶体管特点各异，适用不同场合。塑料封装晶体管体积小、重量轻、价格低廉，适合大多数情况下的制作与维修。带散热片塑料封装和金属外壳封装晶体管散热性能好、耗散功率大，适用于大电流场合，必要时应安装散热器。片式晶体管尺寸小、安装密度高、高频特性好、便于自动化组装，主要应用于自动化流水线生产，在维修表面安装电路板时也有应用。

学·做·用

会说话的贺卡

文/张晓东

逢亲朋好友的生日佳期，人们往往喜欢送上一张精美的贺卡，以表达自己的良好祝愿。如果能将自己的亲口祝愿随贺卡送给亲朋好友那该多好！下面介绍的会说话的贺卡就能帮助你实现这一愿望。

会说话的贺卡实物外观与一般的音乐贺卡等相差无几，但它内置了电子录音机芯，能够将致卡人的贺词、敬语等，以语音形式录入并长期保存。

一、工作原理

会说话的贺卡电路如图1所示，其核心器件是一块质优价廉的新型“傻瓜”式语音录放模块IC。由于IC模块电路采用了独特的双向模拟I/O语音转录技术，所以可直接用扬声器B兼作话筒，从而简化了外围元器件。这种语音录放模块之所以称为“傻瓜”，是因为厂家已经将必需的一些电阻器、电容器等焊接在了固化有大规模语音录放集成电路的小印制电路板上，用户只要外接上电池、扬声器和一录一放两个开关，便可构成最基本的应用电路，使用起来非常方便。

当按下录音开关SB的按键不松手（光敏电阻器RL不能感受到光线）时，语音录放模块IC的录音控制端获得低电平触发信号，发光二极管VD点亮，表示电路进入录音状态。这时，嘴对着扬声器B讲话，语音录放模块IC即自动录入有关语音。手松开录音开关SB的按键后，发光二极管VD熄灭，录音结束。如果录音超过20s，则发光二极管VD自动熄灭，表示语音录满。如对录音不满意，可以重新录制。

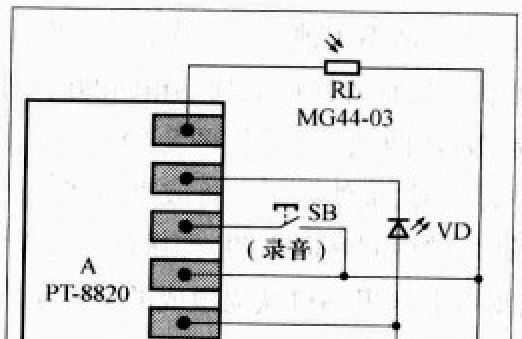


图1 会说话的贺卡电路图

只要打开贺卡，与语音录放模块IC放音触发端相接的光敏电阻器RL就会感受到环境自然光线而呈低电阻值，IC的放音触发端获得低电平触发信号，IC即自动循环输出内储的语音电信号，并驱动扬声器B直接发声，直到合上贺卡后为止。

二、元器件选择

该制作共用了6种电子元器件，为了便于初学者易认易购，现给出他们的实物集体照如图2所示。

IC选用新颖PT−8820型“傻瓜”式语音录放模块，其语音集成电路和外围阻容元件分别采用软封装和贴片工艺制作在图3所示的尺寸为22mm × 18mm的双面小印制电路板上，使用非常方便。PT−8820的典型工作电压为5V（最大值7V），静态电流≤1μA，工作电流约25mA；录音时间≤20s，录入语音断电不怕丢失，可重复录音达10万次。PT−8820也可用同类产品 BA9902来直接代换。

VD可用φ3mm普通红色发光二极管，亦可用5mm × 2mm方形普通红色发光二极管来代替。这类发光二极管有一长一短两根引脚，长引脚为其正极，稍短的引脚为其负极，焊接时注意不可接反。

RL宜选用MG44−03型塑料树脂封装光敏电阻器。这种光敏电阻器的管芯由陶瓷基片构成，在上面涂有硫化镉多晶体并经烧结制成，由于管芯怕潮湿，所以在其表面涂上了一层防潮树脂。该封装结构的光敏电阻器，因为不带外壳，所以称之为非密封型结构光敏电阻器，它的受光面就是其顶部有曲线花纹的端面。RL也可用其他亮阻≤5kΩ、暗

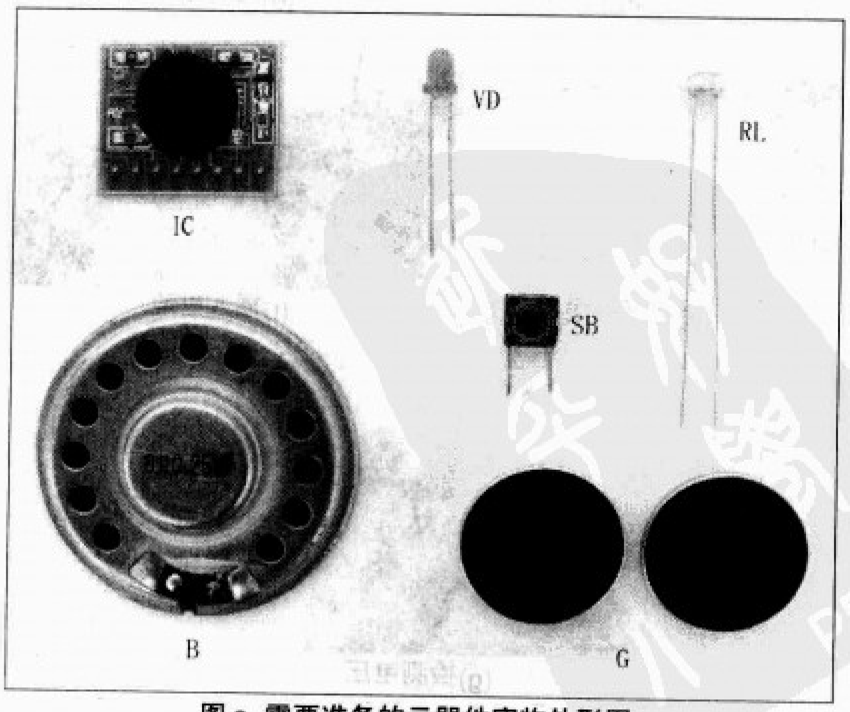


图2 需要准备的元器件实物外形图

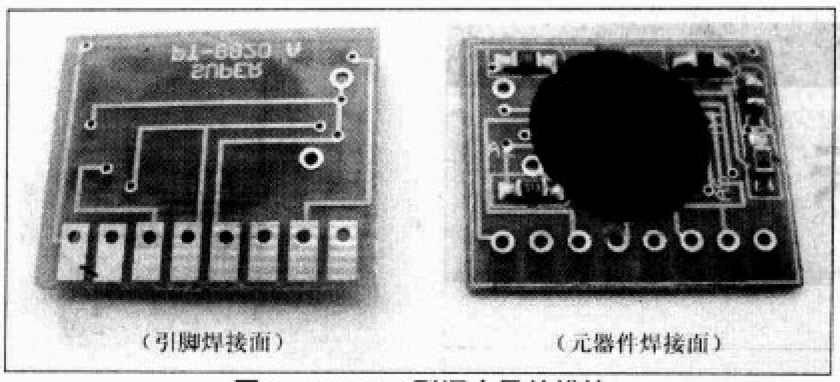


图3 PT-8820型语音录放模块

阻≥1MΩ的普通光敏电阻器代替。

B选用φ40mm×5mm、8Ω、0.25W超薄微型动圈式扬声器。这种扬声器广泛应用于各种"随身听"电路中，读者可在一般的家用电器维修部购买到，售价通常超不过2元。

SB用6mm×6mm小型轻触式按键开关。G选用两粒CR2032型（电压3V、体积φ20mm×3.2mm）钮扣式电池串联而成，电压6V。CR2032型钮扣式电池广泛应用于电脑主板、电子手表和照相机等电子产品中，现在一般的电子器材商店、电脑服务部和照相器材商店等均有销售，每粒售价1~2元。

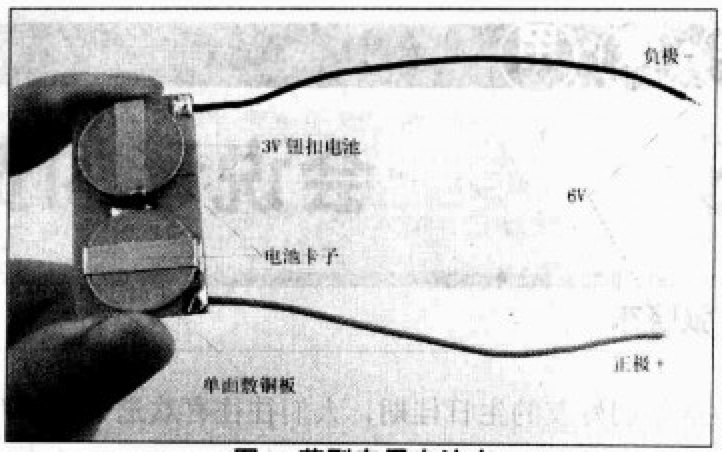
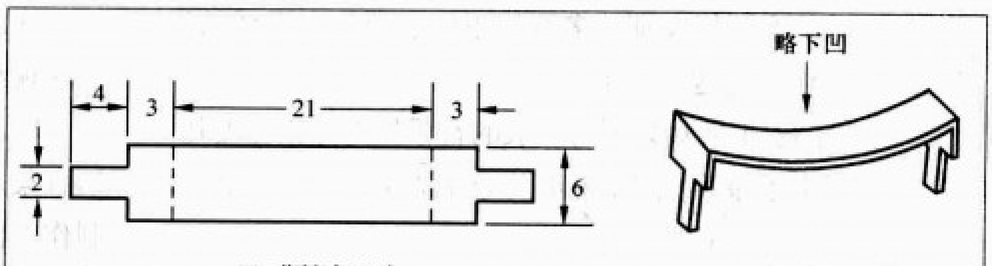


图4 薄型专用电池夹



(a) 薄铁皮尺寸　(b) 加工形状

图5 电池卡子加工示意图

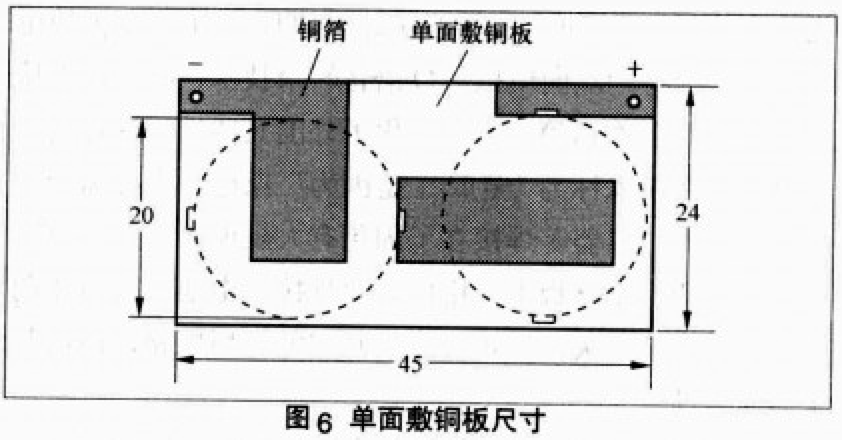
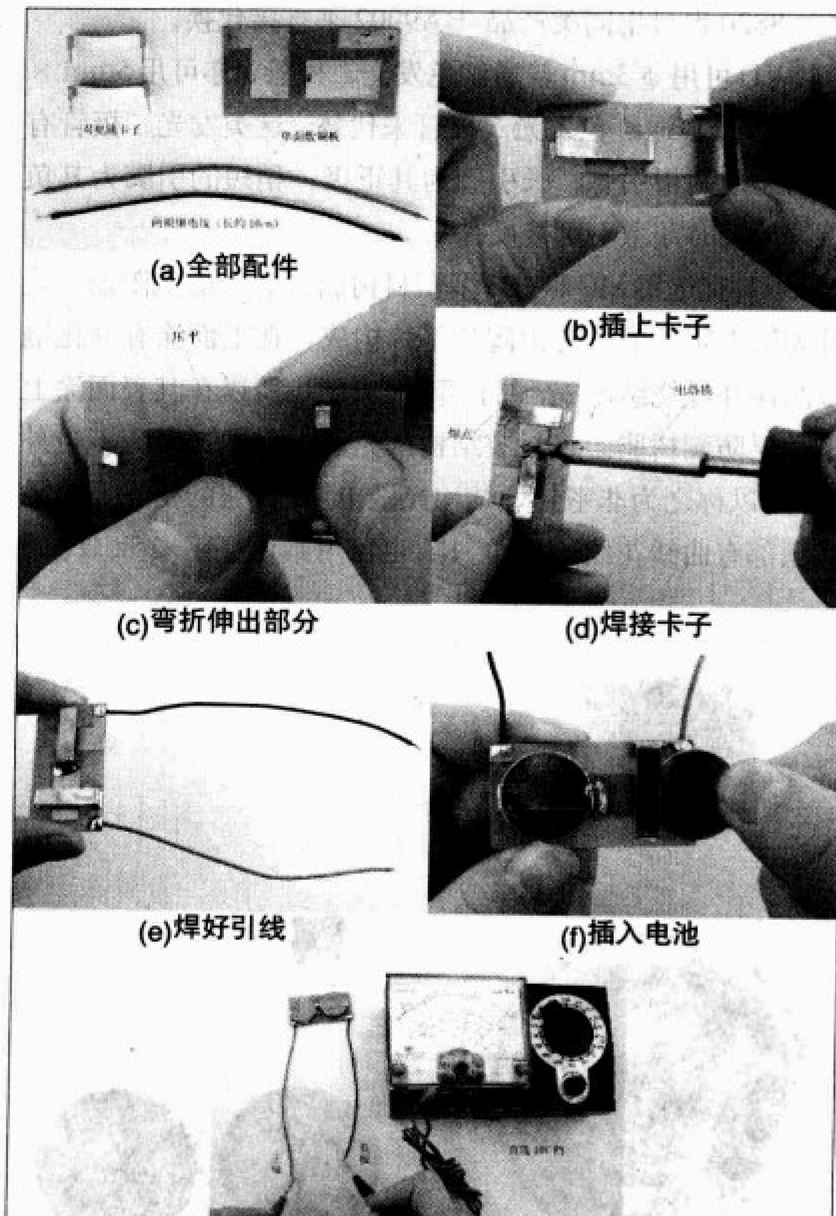


图6 单面敷铜板尺寸



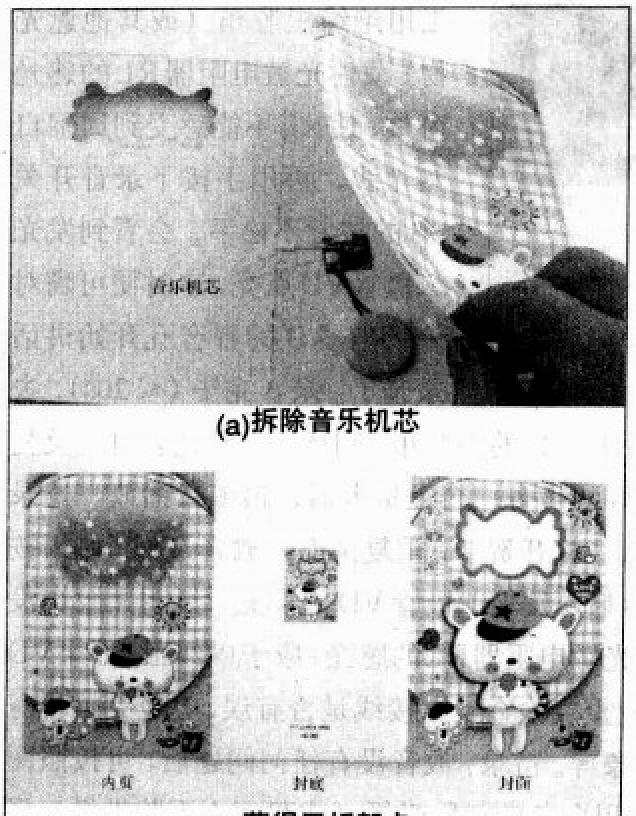
(a)全部配件　(b)插上卡子　(c)弯折伸出部分　(d)焊接卡子　(e)焊好引线　(f)插入电池　(g)检测电压

图7 电池夹的组装

三、制作与使用

整个会说话的贺卡分制作薄型电池夹、选择合适的精美贺卡、在贺卡上开孔和焊装电路四大步骤来完成，现分步介绍具体制作方法：

第一步，制作图4所示的薄型电池夹。首先，按照图5(a)给定的尺寸，用铅笔和直尺在薄铁皮上画出相同的两个形状，并用剪刀沿实线剪裁出两铁片；再按图5（b）所示，用手钳子将两铁片左、右两端沿虚线向下弯折成直角状，并稍微按压其中部，使两铁片的中间略向下凹，即做成一对电池卡子。加工用的薄铁皮可取自用马口铁皮做成的空罐头，如果能够找到弹性好的薄磷铜片，则更理想。然后，按照图7给定的尺寸，用刀刻法加工单面敷铜板，并用小电钻开出4个安装电池卡子的长方形小孔和两个焊接引线的小圆孔。开孔时注意，小电钻使用φ0.8mm的钻头，长方形小孔用钻头一字并排打出3个小孔后，再打通各小孔即成。最后，



(a)拆除音乐机芯
(b)获得三折贺卡
图8 简便易得的精美贺卡

按照图7(a)~7(g)所示，将一对电池卡子安装在加工好的单面敷铜板上，注意电池卡子从铜箔面插入单面敷铜板的安装孔，在非铜箔面将伸出部分弯折，在铜箔面将电池卡子焊牢，并焊接上长度约为10cm的红色（正极）和黑色（负极）两根塑料外皮软细电线。将两粒CR2032型纽扣式电池的正极（有字面，并标有“+”符号）朝上、负极朝下，插入电池夹，用万用表测量引线两端的输出直流电压，应为6V。这样，一个薄型专用电池夹就算做好了。需要提醒读者，为了避免引线头无意间相碰而造成电池短路，在检验完电池夹的性能之后，应立即取出电池，待电路焊接好后再将电池装回去。

第二步，选择合适的精美贺卡。作为一件特殊的礼物，贺卡的外观精美程度至关重要。贺卡大小以32开本为宜，要求一定是三折的。如果寻找不到合适的三折贺卡，可挑选两份大小基本一致的精美市售贺卡，选一张（双页）作封面和封底，另一张（单页）作内页。笔者采用了图8所示的精美音乐贺卡（售价仅2元），将里面的音乐机芯拆除不用，一个大小合适的三折精美贺卡便搞定了。这里特别提醒读者，音乐机芯通常是用双面不干胶和塑料胶带粘贴固定的，为了帮助拆除工作，可用家中现成的电吹风加热不干胶，乘热轻而易举地拆除音乐机芯。

第三步，在贺卡上开孔。选定好的贺卡，还必须在内页面适当位置处开出扬声器B的释音孔、光敏电阻器RL的感光窗口、发光二极管VD的显示窗口、录音开关SB的按键伸出孔，才能进行下一步的电路安装。所有开孔的具体位置确定，要兼顾到与贺卡内页上的画面协调、要让开书写文字的位置、注意录音开关SB按键操作时的方便性等因素，做到布局合理巧妙，美观大方。图9所示便是已开好孔的贺卡内页。开孔时注意，扬声器B的释音孔按照图10（a）所示用φ2.5mm的锥子扎孔，其余3个小孔直径比较大，可先用锥子扎出小孔，再按照图10（b）所示的那样，用一定粗度的十字形刀口螺丝刀或铁钉扩张孔径至要求的尺寸。为了保证开孔不影响页面的美观，锥子尖头必须从页面扎进去、从页背面出来；扎孔和扩孔时，注意一边往里推锥子或螺丝刀，一边不停地正、反旋转锥子或螺丝刀，使开口边沿尽量保持圆滑；所有小孔扎好后，按照图10（c）所示，用刀口锋利的美工刀将页背面孔沿口凸出的毛边切割平整，以利安装元器件。尤其注意的是，扬声器B的释音孔背面一定要修理平整，不然凸出的毛边顶在扬声器纸盆上，会严重影响扬声器的发音。

图9 开出小孔的贺卡

扬声器B的释音小孔数量多，如果扎孔时不注意间距和排列位置，扎出的小孔就会很难看，影响制作的整体水平。这里推荐笔者通过实践总结出来的一种定位开孔法，在一张25mm × 25mm见方的单面不干胶贴纸上，以5mm为单元边长、20mm为总边长，用直尺和铅笔画出4 × 4=16个小方格，将画好的不干胶贴纸四角正对着贺卡页面的四个边，粘贴在准备开释音孔的位置处，则小方格的各角点（共25个）就是锥子的扎孔点。如果手头找不到单面不干胶贴纸，可在普通白纸上画好小方格，并用塑料透明胶带纸进行粘贴，效果是一样的。注意粘贴不要太牢靠，因为扎好小孔后，粘贴物就要去掉，太牢靠了去除时有可能造成页面的损伤。

第四步，组装电路。首先，按照图11（a）所示，在语音录放模块IC上面焊接好发光二极管VD，注意不要焊反发光二极管的正、负引脚，并按照图11（b）所示，用塑料胶带纸将所有元器件粘固到贺卡内页的背面。为了保持平整，发光二极管VD的管帽可不必插入贺卡内页所开好的显

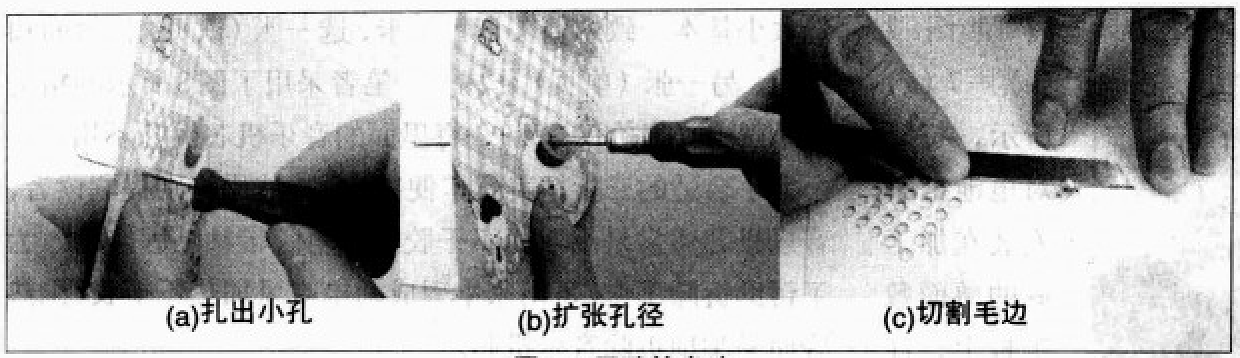

(a)扎出小孔　(b)扩张孔径　(c)切割毛边

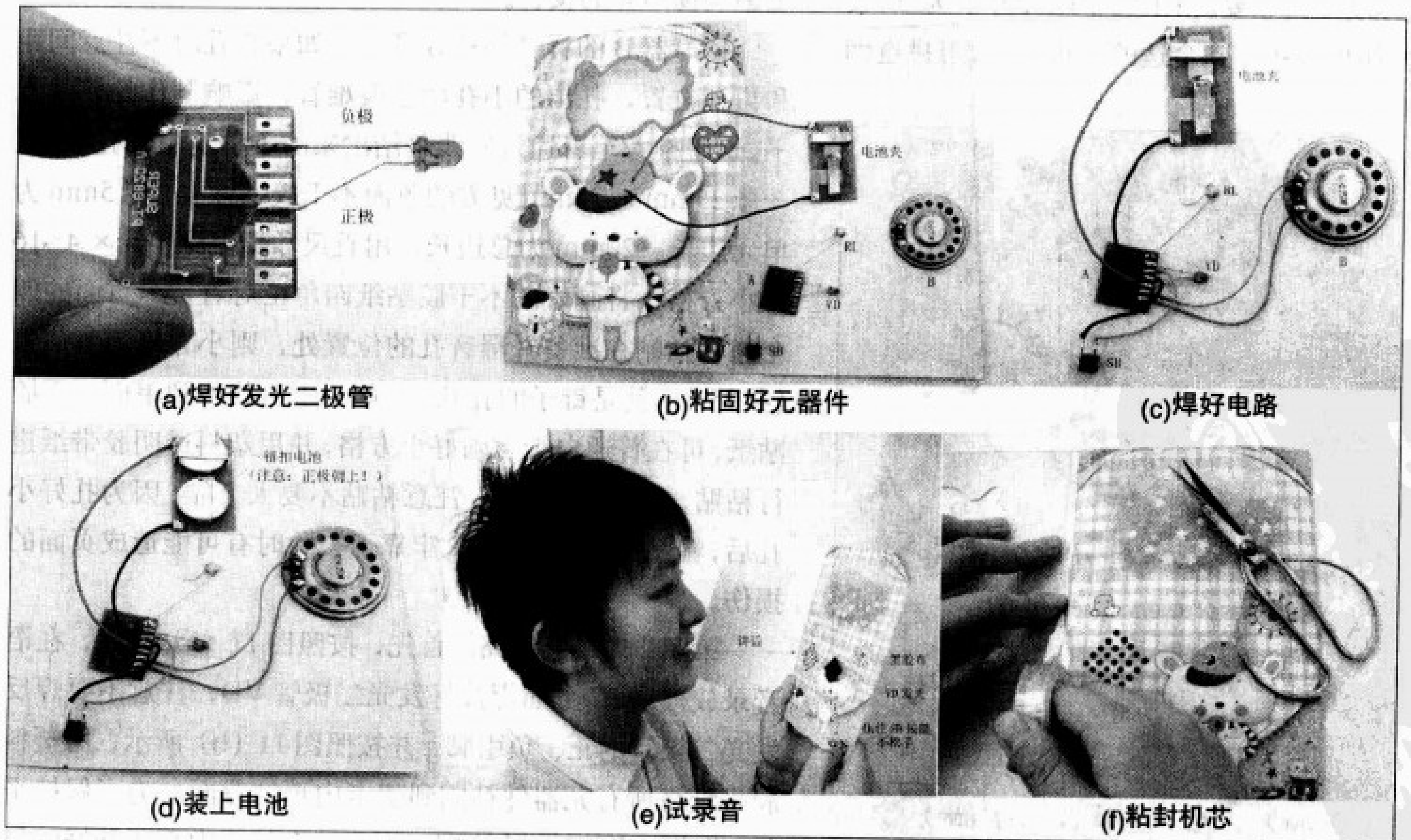
图 10 开孔的方法

示窗口，只要将其侧面对准窗口粘固即可。

然后，对照前面图1所示的电路图，按照图11（c）所示焊接好电路。具体焊接方法：将光敏电阻器RL的一根引脚，就近焊接在语音录放模块IC（从上往下数第1脚）上，另一根引脚就近焊接在电池夹的负极端；电池夹的正极引线头焊接在语音录放模块IC的电源正端（即发光二极管VD的正极焊接端），负极引线先在中途剥掉一段塑料外皮后焊接在语音录放模块IC的电源负端（从上往下数第4脚），再将引线头焊接在录音开关SB的其中一端，而录音开关SB的另一端则通过一段6cm长的细电线焊接到语音录放模块IC的录音控制端（从上往下数第3脚）；扬声器B的两端，通过两根长约9cm的细电线焊接到语音录放模块IC的音频输入／输出端（从下往上数第2、3脚）上。至此，焊接工作即告完成。

最后，仔细检查焊接好的电路没有差错后，便可按照图11（d）所示，在电池夹上装上两粒CR2032型纽扣式电池，进行试录音了。试录音时，按照图11（e）所示，用一片电工用绝缘黑胶布（或其他遮光物）蒙住光敏电阻器RL的感光窗口，使RL不能感受到周围自然光线，再用手按下录音开关SB的按键不松手，会看到发光二极管VD点亮，这时便可嘴对着扬声器B的释音孔开始讲话录音了。录音完毕（≤20s），去掉光敏电阻器RL窗口的黑胶布，则扬声器B就会自动反复播放出刚才录好的声音。合上贺卡后，最多只播放一遍录音，便自动停止。打开贺卡，重复前面的放音过程。如果按下录音开关SB后，发光二极管VD不发光，说明黑胶布没有完全遮挡住光敏电阻器RL的感光，应予以纠正；如果VD始终不发光，应重点检查电路接线是否有误，电池夹是否有接触不良的现象等。待录、放音没有任何问题后，可按照图11（f）所示，用白色塑料胶带纸（或双面不干胶带纸）将贺卡内页与封底的上、下、内侧三边粘合起来，即封住电路机芯。这样，一份新巧的语音贺卡即告完工。

使用时注意，每次录音前必须要用不透光的黑布或硬纸板等将光敏电阻器RL的感光窗口遮挡住，或者在黑暗的环境中进行录音。如果不遮挡住RL的感光窗口，或者没有在黑暗的环境中进行录音，则按下录音开关SB的按键后，就不会使发光二极管VD点亮，录音也就无法进行；这就是说，平时按下SB按键时，不会抹掉原来的录音。发光二极管VD点亮的时间，正就是录音的时间。录音的内容可按照各人的喜好自定，可以是你的祝福语、你的歌声加上一段音响播放的节日乐曲、动物叫声等，时间应小于20s。为了保证录音质量，声源必须对着扬声器B的释音孔。如对录音不满意，可以重新录制。



(a)焊好发光二极管　(b)粘固好元器件　(c)焊好电路
(d)装上电池　(e)试录音　(f)粘封机芯

图 11 贺卡组装流程图

解读元器件封装

识别半导体分立器件的封装形式（下）

文/门 宏

五、场效应管的主要封装形式与特点

1.按照封装材料，场效应管的封装形式主要有小型金属壳封装、大型金属壳封装、塑料封装和带散热片塑料封装等，如图13所示。常见的小功率场效应管多采用小型金属壳封装或塑料封装，大功率场效应管多采用带散热片塑料封装或大型金属壳封装。

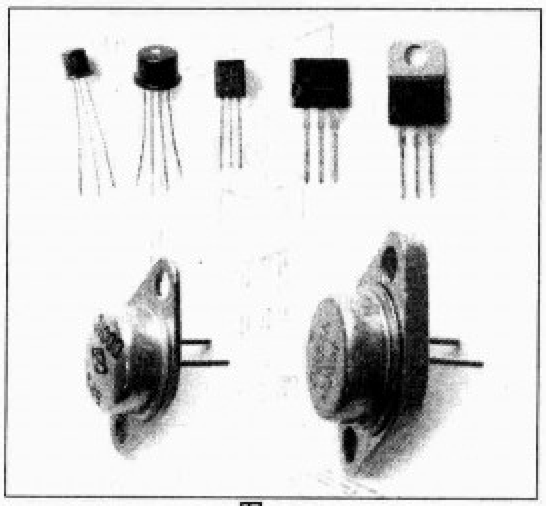


图13

2.从封装形状上看，场效应管的封装形状主要有TO−18型、TO−72型、TO−92型、TO−106型、TO−202型、TO−220型和TO−3型等，如图14所示。

3.片式场效应管是表面安装器件，主要封装形式有SOT−23型、SOT−103型、SOT−89型等。片式场效应管外形如图15所示，内电路结构如图16所示。

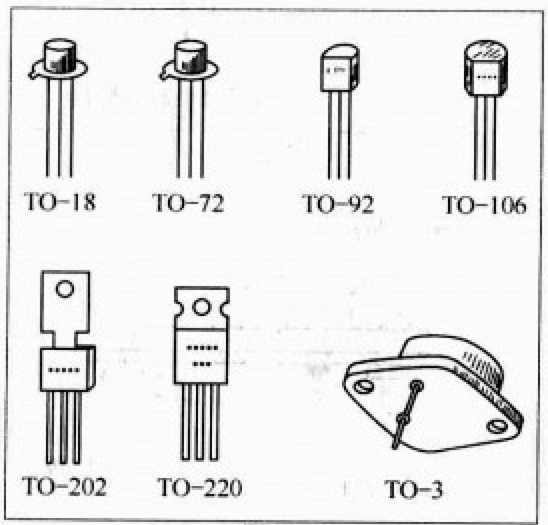


图14

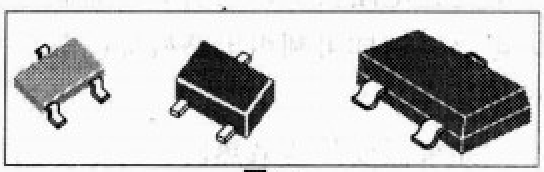


图15

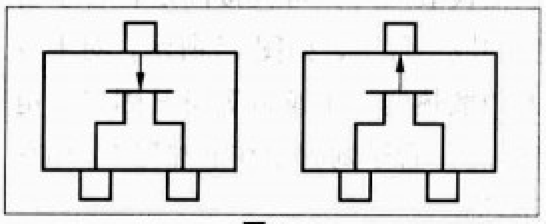


图16

4.塑料封装场效应管适合大多数情况下的制作与维修，具有体积小、重量轻、价格低廉的特点。带散热片塑料封装和金属外壳封装场效应管耗散功率大、散热性能好，大功率应用时应根据要求安装散热器。片式场效应管尺寸小、安装密度高、适合自动化流水线生产，适用于表面安装电路板。

六、光敏二极管和光敏三极管的主要封装形式与特点

1.根据封装材料，光敏二极管和光敏三极管的封装形式主要有塑料封装、树脂封装和带窗口的金属外壳封装等，如图17所示。常见的可见光光敏二极管和光敏三极管多采用透明塑料封装、透明树脂封装或带透镜的金属外壳封装。常见的红外光光敏二极管多采用不透明的树脂封装。

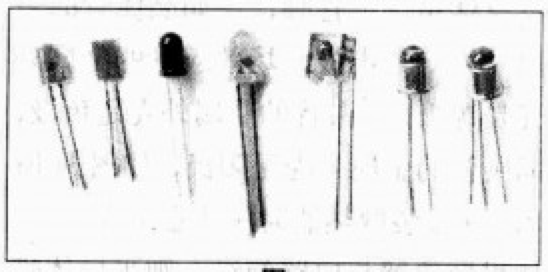


图17

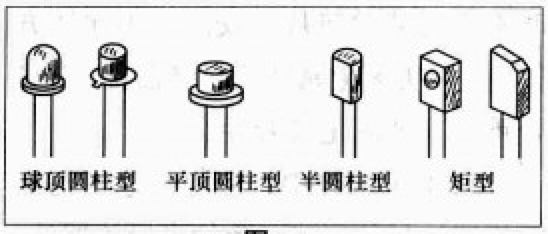


图18

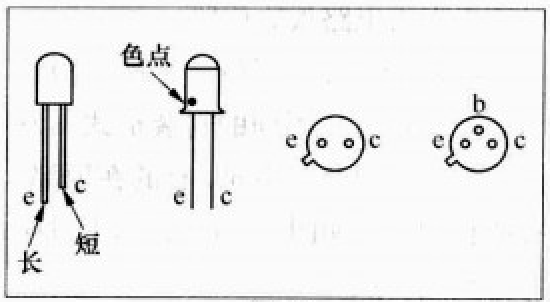


图19

2.从封装形状上看，光敏二极管和光敏三极管的封装形状主要有球顶圆柱型、平顶圆柱型、半圆柱型和矩型等，如图18所示。

3.大多数光敏三极管只有两个引脚（基极无引脚），外形与光敏二极管几乎一样。也有部分光敏三极管具有三个引脚，其基极引脚可作温度补偿用，如图19所示。

4.各种封装形式的光敏二极管和光敏三极管各有特点，选用时主要是根据需要选择光谱、形状（圆形、矩形、异形）和尺寸，不必过多考虑封装形式。

七、各种封装形式半导体分立器件的选用

1.一般的电子制作与维修中，选用半导体器件时对封装形式的选择空间较大。理论上讲，只要安装空间能够容纳得下，选用任何封装形式都可以（前提是电气参数必须符合要求，这是不言而喻的，下同）。大多数情况下可

选用使用面广量大、价格低廉的塑料封装的半导体器件，例如塑封晶体二极管、塑封晶体三极管、塑封场效应管、塑封晶闸管等。

2.选用大功率半导体器件，可首选带散热片塑料封装的。因为该封装器件自带散热片，使用功率不是太大时不需另装散热片，安装使用比较方便。而大功率金属外壳封装器件，自身较重，安装固定较麻烦。

3.电子维修中，应尽量选用与需更换器件封装形式一致的半导体器件，以便于焊入电路板原位置。

4.对于发光二极管、光敏二极管和光敏三极管，不同的封装形式其发光或受光方向会有不同，有的在顶部，有的在侧面，如图20所示，选用时应考虑到这一点。

八、各种封装形式半导体分立器件的安装焊接

1.长引脚的半导体器件，如晶体二极管、晶体三极管、场效应管、晶闸管等，焊入电路板前应根据需要将其引脚剪短，如图21所示。

2.半导体管的引脚不可齐根折弯，特别是塑封半导体管，齐根折弯引脚极易损坏其管芯。需要改变引脚方向时，应距离引脚根部数毫米再行折弯，如图22所示。

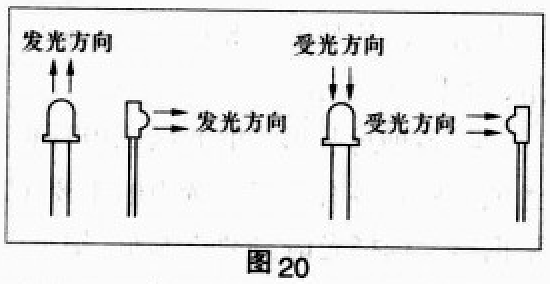


图20

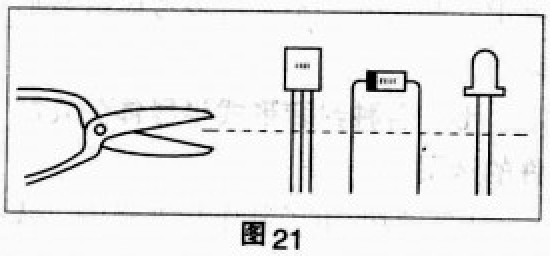


图21

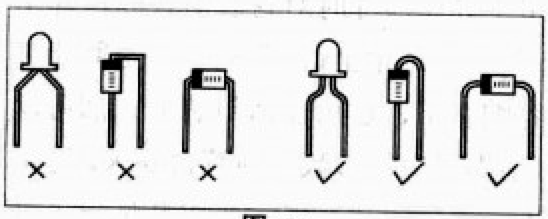


图22

3.焊接半导体管时，电烙铁焊接时间不宜过长，以防高温损坏管芯。特别是焊接塑封半导体管时，应如图23所示用镊子夹住管脚帮助散热，刚焊好时不要马上拨动管子，以防损坏管芯。

4.带散热片塑封半导体管一般可直接垂直焊入电路板，也可如图24所示用螺钉将带散热片塑封半导体管水平固定在电路板上，其引脚弯曲后焊入电路，这样可利用电路板提高散热效果。

如果需要外装散热器，对于小面积铝板散热片，可直接固定在管子自身的散热片上，如图25所示。对于较大的散热器应用螺钉等将其固定在电路板上，管子则固定在散热器上，如图26所示。

5.金属壳大功率半导体管因自身较重，安装时应用螺钉将其固定在电路板上，如图27所示，然后再将引脚焊入电路。如需安装散热器，可用螺钉将金属大功率管固定在散热器上，散热器固定在电路板上，管子引脚通过导线接入电路，如图28所示（俯视图）。

6.安装金属螺栓型半导体管时，应首先用螺帽将管子固定在电路板上，如图29所示，或固定在散热器上，如图30所示（俯视图），然后用导线将管子引脚接入电路。

7.带散热片塑封管的散热片往往与某一管脚相连通，例如晶体管的散热片一般与集电极相连通，场效应管的散热片一般与源极相连通。金属壳大功率管及金属螺栓型管的金属外壳本身就是一个管脚，例如晶体管的金属外壳是集电极，场效应管的金属外壳是源极，二极管的金属外壳是负极，晶闸管的金属外壳是阳极，如图31所示。在安装散热器时应注意绝缘问题，如果散热器与电路绝缘，则半导体管

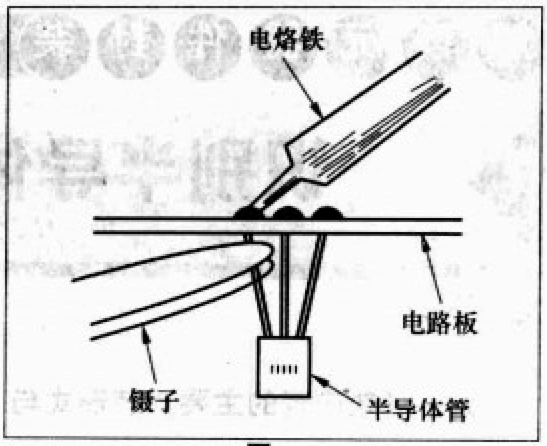


图23

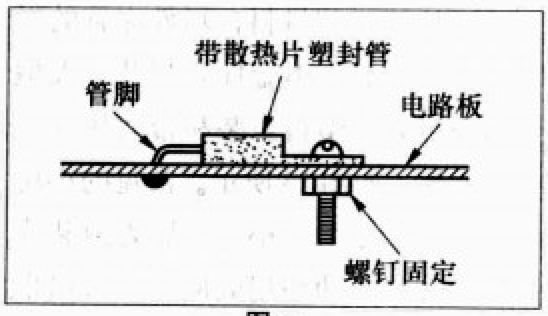


图24

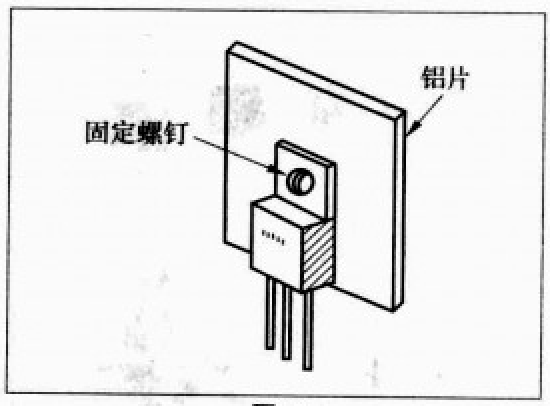


图25

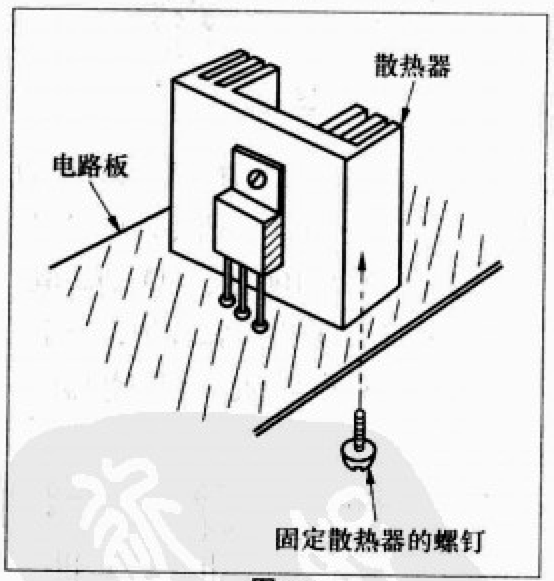


图26

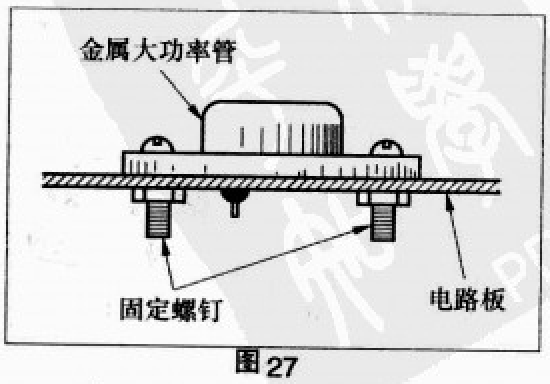


图27

晶体三极管在小电容测量中的妙用

文 / 魏秉国

晶体三极管具有放大性能，即利用较小的电流变化可以带动较大的电流变化，在没有电容表的情况下，借助晶体三极管的放大性，利用指针式万用表测量小容量电容器可以产生意想不到的效果。

电容器的基本特性是充电、放电，平时我们测电容器有无电容量时，一般是将指针式万用表拨到电阻挡，用黑、红两表笔碰触电容的两电极，由于此时表笔与表内电池相连，故有充电电流流过万用表，万用表的指针会向右摆动一定角度。随着充电的进行，电容上的电量逐渐增多、电压上升，因而充电电流逐渐变小直至零，表针也会回到∞位置。交换表笔重复上述过程几次，如果表针每次都能摆到一定位置又回到∞，则表明电容充、放电正常，有电容量。当然测量时应根据电容的大小来选择电阻挡的挡位，从×1Ω挡到×10kΩ挡应依次对应于被测电容的电容量逐渐变小，在同一挡位，可以定性地比较两个电容的大小，使指针偏转的角度愈大表明电容量愈大，若指针不动表示电容无法再充电、放电，即电容无电容量。但用上述方法只能测量电容量在2000pF以上的电容，若电容量小于2000pF，由于电容器储存电量很少，即使用万用表的×10kΩ挡也看不到指针的摆动，有时会错误地认为电容无电容量。若借助于晶体三极管的放大性能，可以将测量范围延伸到几百皮法。方法为：找一只型号为3DG6或3DG12的晶体管，将万用表置于×10kΩ挡，按图1连接，然后将电容器两极分别与黑表笔和晶体管基极相碰，一边碰一边观察表针的摆动，会发现原来直接用表测量观察不到指针摆动的电容器，现在可以使指针有明显的摆动，将电容器两极对调几次，每次重复上述过程几次，摆动角度愈大表明电容量较大，若指针摆动还不明显，表明电容量特别小，可以将两只同样的三极管组合在一块，如图2所示，效果会更明显，测量电容的电容量可以更小。借助上述方法也可以兼顾判断电容的漏电情况，若测量时万用表指针回不到∞处，表明电容有漏电情况，指针回落的位置离∞处愈远，漏电愈严重。

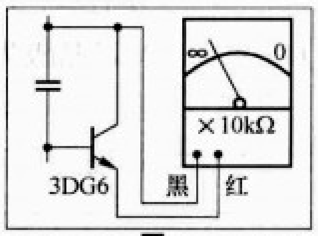


图1

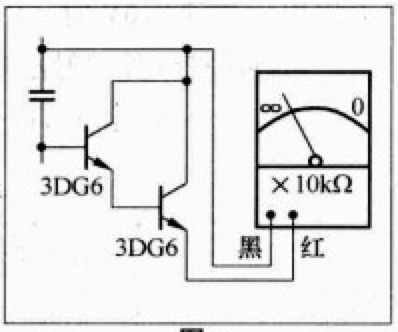


图2

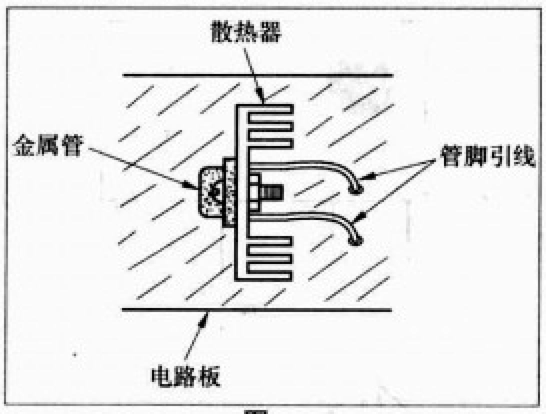


图28

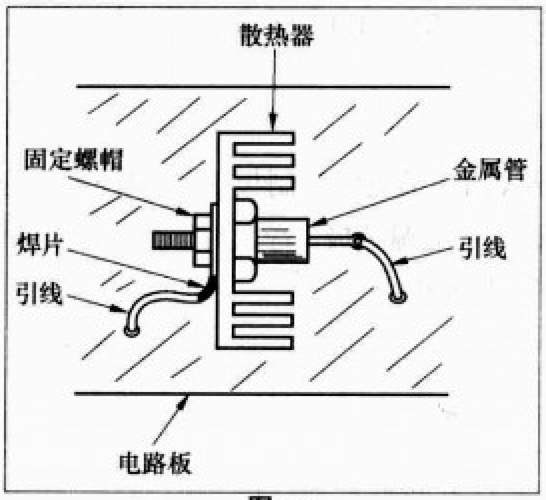


图30

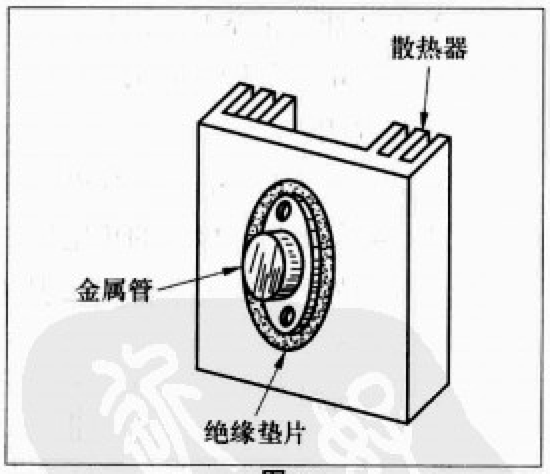


图32

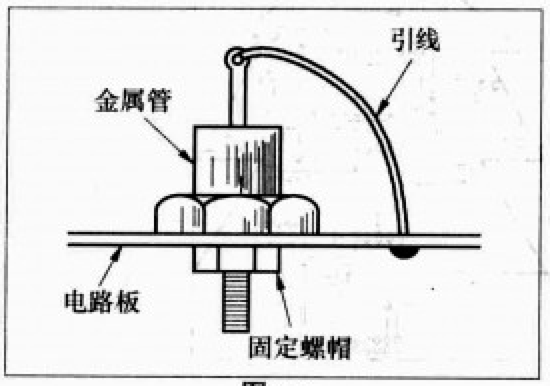


图29

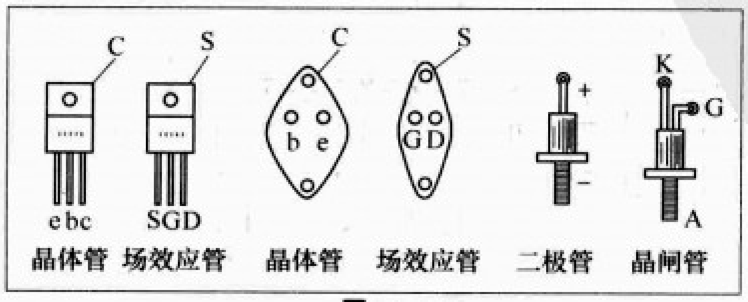


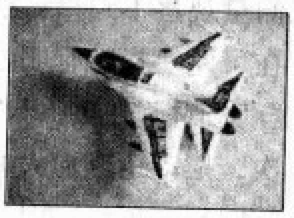
图31

与散热器之间可以不绝缘。如果散热器与电路不绝缘，则半导体管与散热器之间必须加装导热良好的绝缘垫片，如图32所示。

江苏省第七届中小学电子技术竞赛项目两例

文 / 张元庆

小飞机红外声光遥控电路



实现功能：用红外遥控时，飞机能发出飞机声，同时灯光闪烁。

该电路见图1，R1、VD0组成红外信号接收电路，C1、L、C2组成滤波电路。R2、R3、VT1组成放大电路，将微弱的红外信号进行放大。C3为耦合电容器，R4、R5、VT2、VT3、C4及继电器等元件组成延时电路。当VT3导通时，继电器吸合，电动机转，扬声器发出飞机声。此时，C4正极相当于接地，R4对C4进行反向充电，当C4上充电电压达到0.6V时，VT2导通，VT3截止，继电器断开，完成一次延时工作过程。当再次按红外发射器时，VD0接收到红外信号，经VT1放大，使集电极电流增高，U_c电压下降，经C3耦合，(相当于一个负脉冲)使VT2基极电压下降，VT2截止，其集电极电压变高，使VT3再次导通。R4对C4又进行反向充电，当C4上充电电压达到0.6V左右时，VT2由截止变为导通，VT3基极失去电压而截止，继电器断开，再一次完成延时工作过程。图2、图3分别为该电路的元件布局图和印制电路图。

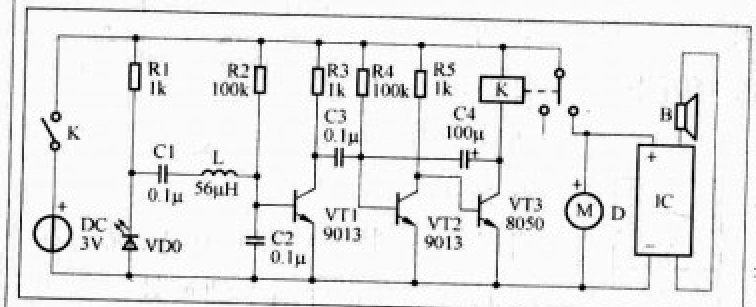


图1

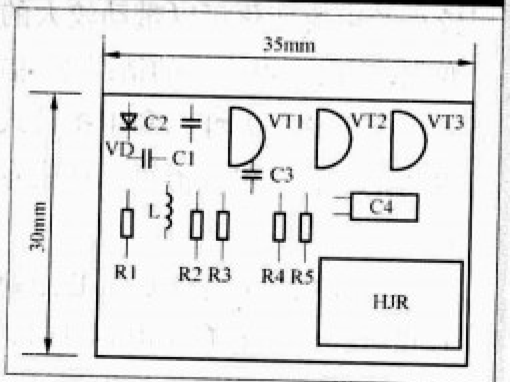


图2

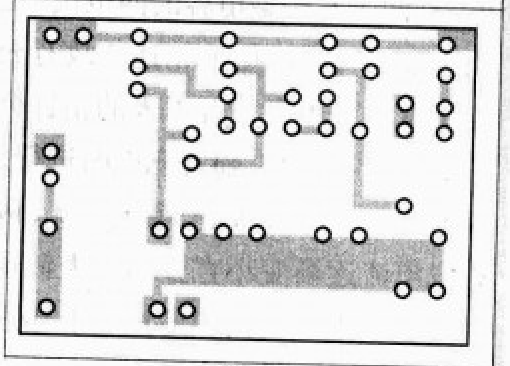


图3

声控音乐圣诞树

实现功能：击掌时圣诞树发出音乐声，同时3组LED闪烁。

该声控电路如图1所示。

安装说明：

1.音乐片上焊3根硬导线和1根软导线插在圣诞树印制板上。3根硬导线分别是电源正极、触发极和三极管的集电极。软导线是电源负极。音乐片印制电路如图2所示。

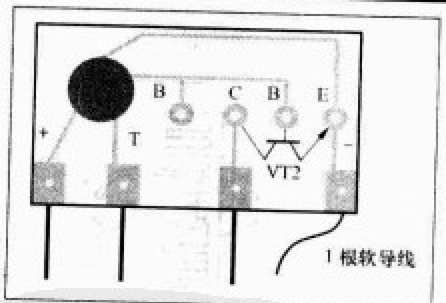


图2

2.电容器C1装在原来VT2基极和集电极孔内。

图3为该电路的印制电路图。

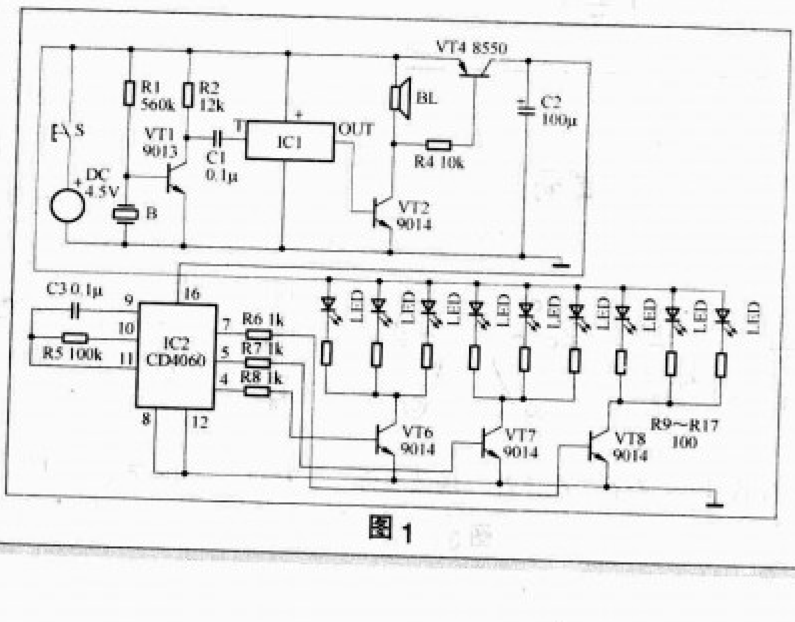


图1

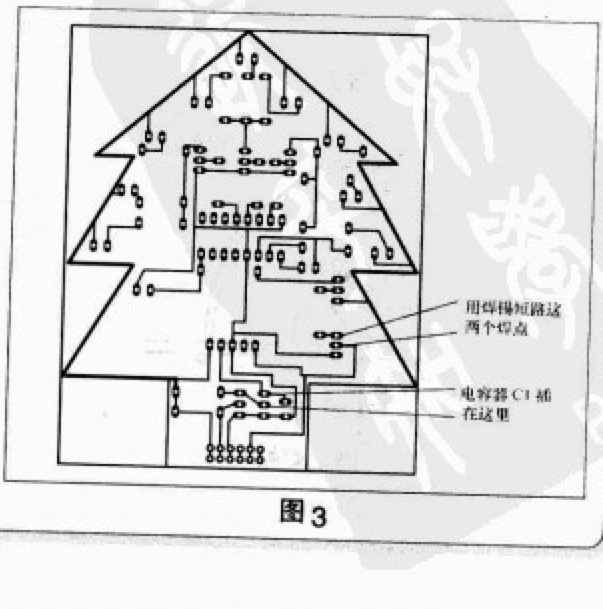


图3

在实验板上如何用贴片元件进行制作

文/任 杰

对于电子爱好者来说，除了希望自己的作品新颖实用外，还希望这些东西能够微型化，特别是无线收发类的制作。为了使作品能微型化，必须从使用的元件下手。

贴片元件相信大家都非常熟悉了，拆开手机、MP3等电器便可以看见这些密密麻麻的微型器件。图1为贴片容阻器与直插容阻器的大小比较。贴片元件通常使用双面布线的电路板，线路的精细程度很高，对于一般爱好者来说，很难做出这样的电路板。但是不要紧，下面笔者要介绍的便是人人能做的：在实验板上使用贴片元件进行制作。

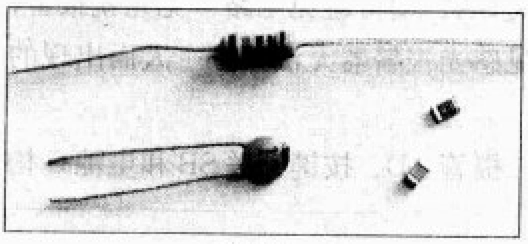


图1

实验板上两孔间距为标准间距（2.54mm），根据笔者观察并验证，这个间距十分适合用来焊接0805 型的贴片容阻器，图2为0805型贴片容阻器大小与实验板两孔间距大小的比较。因此，在一项要求体积小的作品中，恰到好处地采用贴片容阻器代替直插式的元件能节省许多空间。

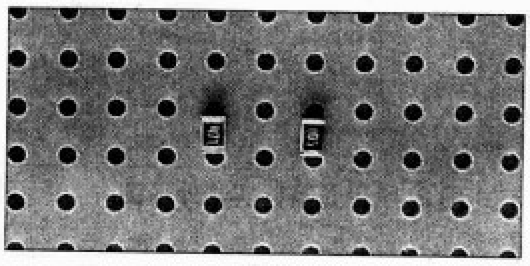


图2

下面笔者以亲手制作的无线话筒为例，说明如何在实验板上焊接贴片元件。

以图3电路为例，该电路除了两个晶体管，一个电解电容与一个线圈外，其余容阻器均可用贴片元件代替。在制作时，我们首先应确定所要求的实验板的大小。因为贴片元件在实验板上占用的空间很小，所以实验板大小基本由直插元件决定。首先我们应根据直插元件是用立式还是卧式安装，并由此在实验板上用油性笔画出元件所占用的位置，见图4；然后确定电路的主线（这里是地线和电源线），并用导线焊接好；再将晶体管、电解电容、线圈等分立元件焊接好，见图5；最后根据电路焊接贴片元件。具体操作如下：用镊子夹住元件置于待焊的两个焊盘之间，并保持元件紧贴于实验板，然后右手拿电烙铁，用带锡焊接法焊接好其中一个焊盘，以便元件固定，见图6。焊接过程要快，避免长时间高温损坏元件，最后可用点焊接法焊接另一个焊盘，见图7。焊接好后如图8所示。

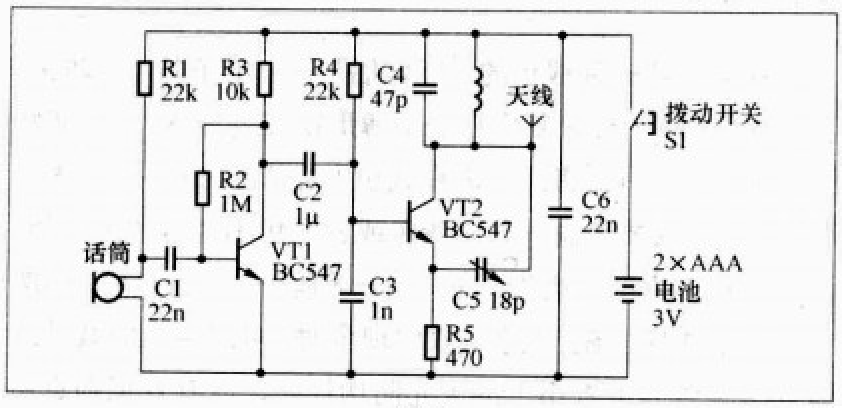


图3

焊接过程的操作比焊接直插元件要精细得多，一定要仔细，并注意以下几点：

1．焊接时，烙铁最好用尖头的，比马蹄头的更好操作，烙铁头上少量的锡，焊锡丝也尽量用细的；

2．由于贴片元件可能与直插元件共用一个焊盘，因此，焊好的直插元件引脚尽量剪短，以保证贴片元件可以贴着实验板焊接；

3．在焊接贴片元件时（特别是瓷介电容），由于元件上面无标称大小，直观上

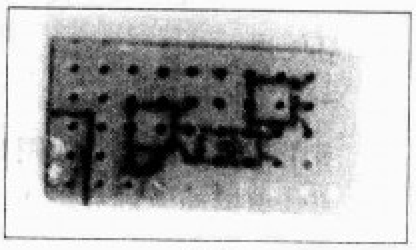


图4

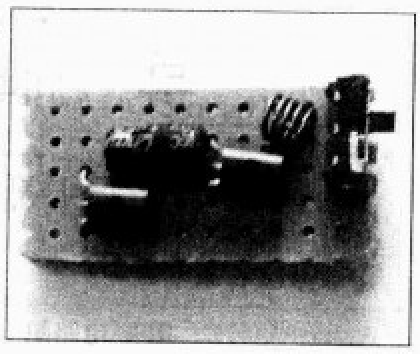


图5

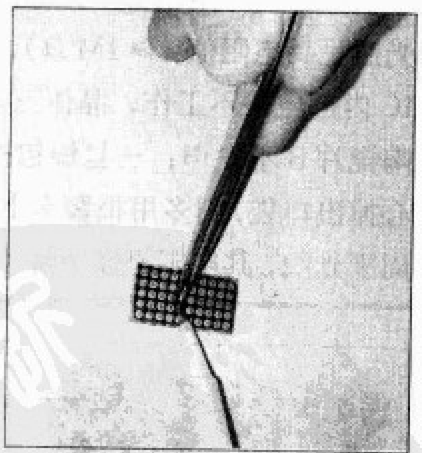


图6

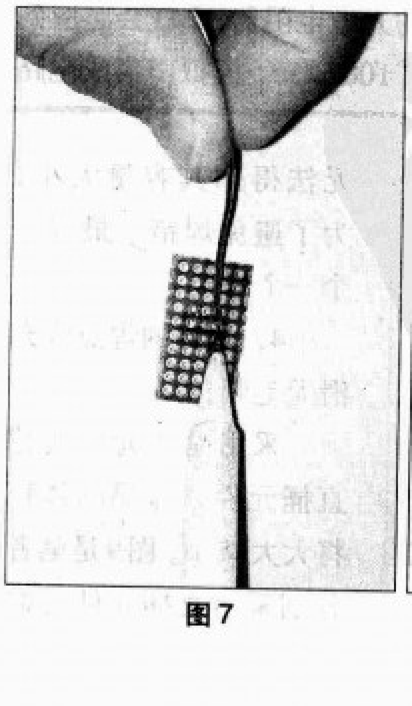


图7

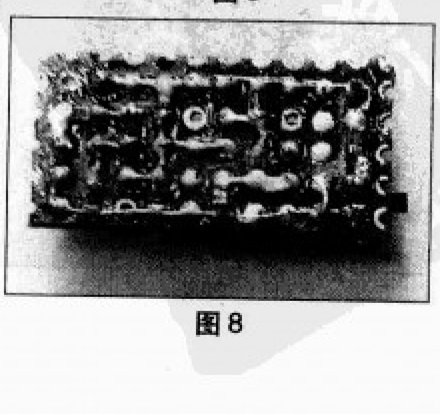


图8

学·做·用

小小多用报警卡

文 / 张晓东

这里介绍一种钱包的“好伴侣”——电子防盗、防丢、验钞多用报警卡，它制作在一个薄形铁皮名片盒内，其实物外形如题图所示。将此卡夹在钱包（或提包内的现金、贵重物品）上，只要小偷一拿出钱包或者钱包不小心掉出口袋，报警卡均会立即发出尖厉的“呜—呜呜……”警报声，提醒主人采取相应措施。另外，收取现金时，可用卡上的紫外线发光二极管验证纸币上的荧光防伪标志，以有效识别真假币。当然，它还可以兼作夜晚开门锁或紧急情况下的短时间照明灯使用。

一、工作原理

多用报警卡的电路如图1所示，它由光控报警电路和紫外光验钞电路两大部分组成。

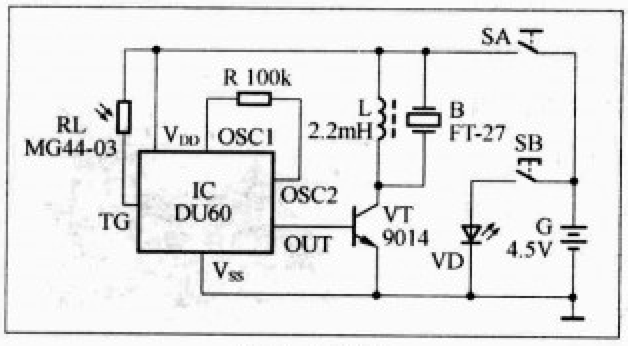


图1 电路图

模拟声集成电路IC和外围元器件构成了光控报警电路。平时钱包放在主人的口袋里，与钱包在一起的多用报警卡处于黑暗环境中，光敏电阻器RL无光照呈高电阻值（≥1MΩ），IC的触发端TG处于低电平，IC内部电路不工作，晶体三极管VT处于截止状态，压电陶瓷片B不发声；一旦钱包被小偷窃出主人口袋或者不小心掉出口袋，则多用报警卡上的光敏电阻器RL就会感应到周围光线，其电阻迅速下降（<100kΩ），模拟声集成电路IC的触发端TG获得高电平（$\geq 1/2V_{DD}$），IC内部电路受触发工作，其OUT端输出内储的“呜—呜呜……”模拟警报声电信号，经晶体三极管VT功率放大和电感器L升压后，驱动压电陶瓷片B发出尖厉响亮的报警声。主人取钱包时，只要事先断开电源开关SA，便可避免电路一见光就报警，从而很好地解决了常见感光报警器无法区分主人而出现的无故报警现象。

新型紫外线发光二极管VD、按键开关SB和电池G构成了紫外光验钞电路。虽然看起来电路非常简单，但使用效果却并不比市售的专业紫外光验钞器差。当按下按键开关SB时，电池G通过SB向紫外线发光二极管VD提供约4.5V的工作电压，使VD发出波长≥0.34μm的紫外光。借助该紫外光照射我们可看到纸币特定位置处的荧光防伪标志，从而判断所鉴别纸币的真伪，也可借助该紫外光进行短时间照明等。当手松开按键开关SB时，SB自动切断紫外线发光二极管VD的

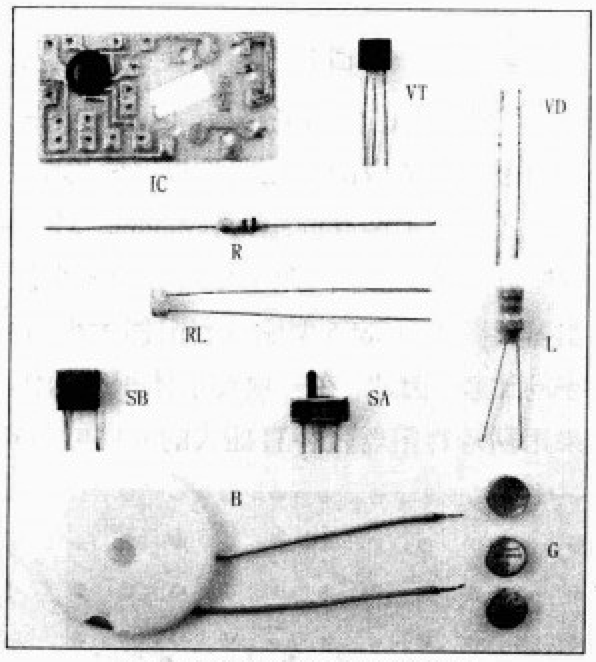


图2 所用元器件实物外形图

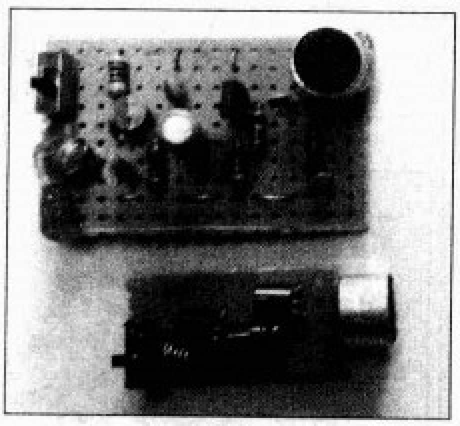


图9

无法得知其容量大小，为了避免焊错，最好一个一个焊接；

4. 焊好的焊点应光滑无毛刺。

采用贴片元件代替直插元件，作品的体积将大大减小。图9是笔者分别采用直插元件与贴片元件制作的无线话筒大小比较。图10是用贴片元件做好的无线话筒与一元硬币大小比较。

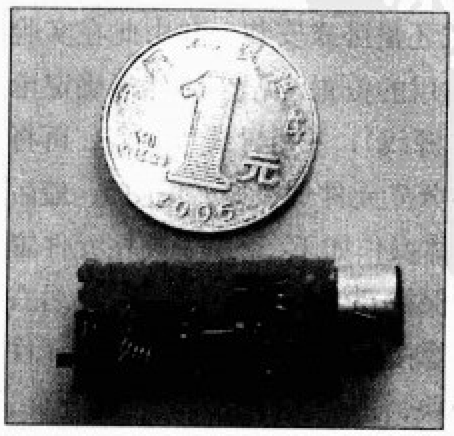


图10

读者看过后是否早已蠢蠢欲动了？那么赶快动手吧！

供电电源，VD停止发出紫外光，也不再消耗电能。

二、元器件选择

该制作共用了10种电子元器件，为了便于初学者易认易购，特给出他们的实物照如图2所示。

IC选用DU60型报警专用模拟声集成电路，它采用黑胶封装形式制作在尺寸仅为36mm × 20mm的小印制电路板上（俗称软包封装），并设计有直接焊接金属电池夹、固定3粒串联的AG1或AG3型扣式氧化银电池的位置，给有放置电感器的10mm × 5mm长方形开孔，使用很方便。DU60的主要参数：工作电压范围2.4V～5V；触发电压（高电平有效）≥ $1/2V_{DD}$，触发电流≤ 70 μ A；音频输出电流最大可达3mA，静态总耗电≤1 μ A；工作温度范围 −10℃～60℃。

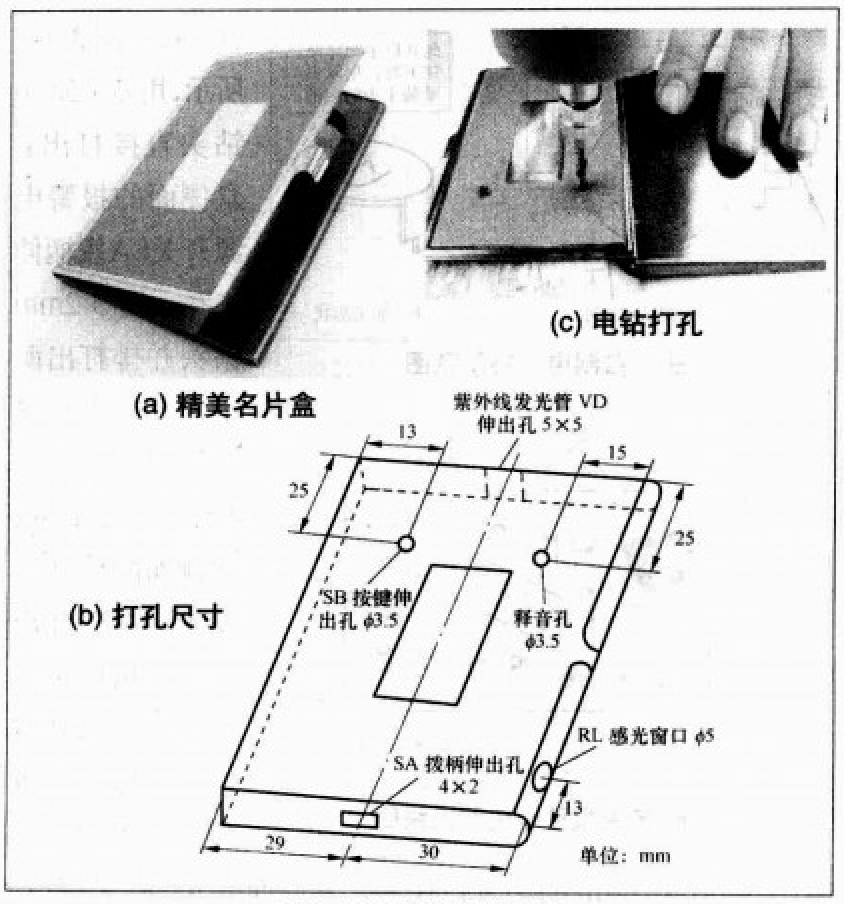
VT用9014（集电极最大允许电流 I_{CM}=100mA，集电极最大允许功耗 P_{CM}=310mW）或3DG8型硅NPN小功率晶体三极管，要求电流放大系数 $\beta > 100$。

VD选用 ϕ 5mm新型紫外线发光二极管，其外形和引脚识别与 ϕ 5mm的普通发光二极管完全相同。这类发光二极管有一长一短两根引脚，长引脚为正极，稍短的引脚为负极，焊接时注意不可接反。紫外线发光二极管是近年来才出现的新型半导体发光二极管，是发光二极管家族中的新成员，它通过改变半导体材料的成分，使制成的发光二极管能够发出紫外光。由于光是具有能量的，不同的色光能量也不同。比如红光能量最低，依次为橙、黄、蓝、紫、紫外……光的能量逐渐增加，可见紫外光能量最高。而发光二极管发光的能量来源于电池等，因此点燃不同颜色的发光二极管所需要的电压也不同，如发出红光时需1.6V以上，发出绿光时需1.8V以上，发出蓝光时需3V以上，而发出紫外光时需3.5V以上的电压才行。这也是为什么该报警卡必须用3粒1.5V扣式电池串联（电压4.5V）供电的原因之一。使用紫外线发光二极管实现紫外光验钞功能的最大特点，就是只用一只紫外线发光二极管就完成了以往验钞灯比较复杂电路的功能，大大简化了电路，降低了制作成本。

RL宜选用MG44−03型塑料树脂封装光敏电阻器。这种光敏电阻器的管芯由陶瓷基片构成，在上面涂有硫化镉多晶体并经烧结制成。由于管芯怕潮湿，所以在其表面涂上了一层防潮树脂。该封装结构的光敏电阻器，因为不带外壳，所以称之为非密封型结构光敏电阻器，它的受光面就是其顶部有曲线花纹的端面。RL也可用其他亮阻≤5k Ω、暗阻≥ 1M Ω的普通光敏电阻器来代替。

R用RTX−1/8W型碳膜电阻器。L用LG2−2.2mH型小体积（ϕ 7mm × 4mm）立式固定磁芯电感器。

B采用 ϕ 27mm、带有助声腔盖（也叫共振腔盖或共鸣腔盖）的FT−27或HTD27A−1型压电陶瓷片，以增大发音量。这种带助声腔盖的压电陶瓷片，也可拆自用过的音乐贺年卡。



(a) 精美名片盒　(b) 打孔尺寸　(c) 电钻打孔

图3 外壳的选配与加工

SB用6mm × 6mm小型轻触式按键开关。SA用随身听、助听器等便携式电子小产品常用的微型单刀双掷（本制作仅用其中一掷）拨动开关，其体积（不包括手柄和引脚）仅为8.5mm × 3.5mm × 3.5mm。

G选用三粒AG1（ϕ 6.5mm × 2mm）或364A、CX60、SR621、LR621W型扣式微型氧化银电池串联而成，电压4.5V。这种扣式电池广泛应用于电子手表、微型计算器等电子产品中，一般的电子器材商店和手表专买店均有销售。

三、制作与使用

整个多用报警卡的制作分选配并加工合适的名片盒、焊接电路和组装三大步骤来完成，现分步介绍如下：

第一步，选配并加工外壳。首先，到订制名片的专门店或文化用品商店去选购一个如图3（a）所示的专门用于随身装带名片的薄型铁皮名片盒，其外形尺寸约为94mm × 59mm × 5mm，正好满足使用要求。然后，按照图3（b）给出的尺寸在名片盒上开出5个小孔。其中盒盖上的两个小圆孔——SB按键伸出孔和释音

(a) 焊接好的电池夹　(b) 金属电池夹外形图

图4 电池夹的装配

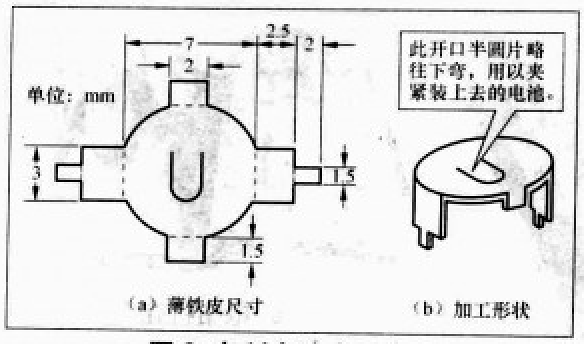


图6 自制电池夹示意图

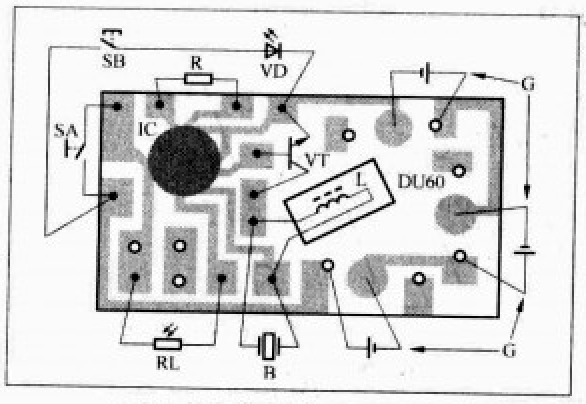


图6 多用报警卡电路接线图

孔，按照图3（c）所示，用ϕ3.5mm钻头直接打出；盒侧面的报警电源开关SA拨柄伸出孔，用ϕ 2mm钻头并排打出两个小孔，用小平板锉刀扩口径至4mm × 2mm；盒侧面的紫外线发光管VD伸出孔，因用电钻打出大口径圆孔有一定难度，所以建议用剪刀直接剪出5mm × 5mm的小方口代替；盒侧面的RL感光窗口，先用ϕ 4.5mm钻头打孔，再用小圆杆锉刀扩口径至5mm。

第二步，进行电路焊接。首先，在模拟声集成电路IC的基板上按图4（a）所示焊接图4（b）所示的3个相同金属电池夹。电池夹最好用模拟声集成电路IC生产厂家提供的配套件，也可按图5给定的尺寸用薄铁片或磷铜片加工制成，共需3个。接着按照图6给出的电路接线图，焊接成图7所示的电路。具体要求是：将晶体三极管VT、电感器L、电阻器R、拨动开关SA、光敏电阻器RL（将引线剪短为1.8cm）直接焊接在模拟声集成电路IC的基板上，压电陶瓷片B通过长约6cm的双根细电线焊接在模拟声集成电路IC的基板上；将紫外线发光二极管VD的正极焊接在按键开关SB的一端，紫外线发光二极管VD的负极和按键开关SB的另一端，分别通过长度为6cm和9cm的细电线焊接在模拟声集成电路IC的基板上。为了防止短路故障的发生，焊接时应在接线头处套上合适的绝缘管。焊接时注意：电烙铁外壳一定要良好接地，以免交流感应电压击穿IC内部的CMOS集成电路！

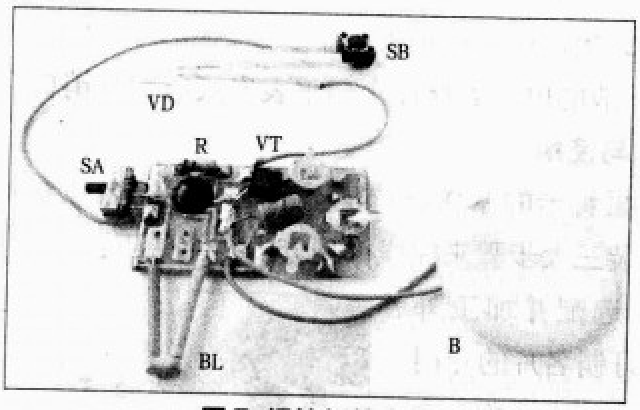


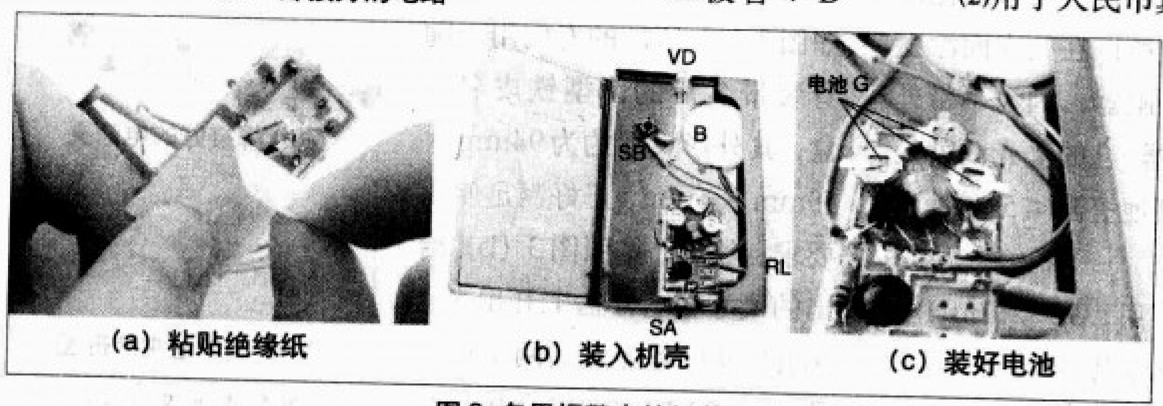
图7 焊接好的电路

第三步，完成组装。由于金属外壳能够导电，为了避免焊接好的模拟声集成电路IC的基板装入外壳后发生短路故障，应按照图8(a)所示，在IC基板的背面粘贴上一片40mm × 22mm见方的不干胶纸。然后，按照图8（b）所示，将整个电路全部装入外壳内，并采用电烙铁加热熔化热熔胶棒的简便方法，将电路基板、紫外线发光二极管VD、压电陶瓷片B、拨动开关SA、按键开关SB粘固在外壳内。需要注意的是，光敏电阻器RL的感光面必须刚好伸出外壳上所开出的感光窗口，压电陶瓷片B的助声腔口必须对准外壳面盖上所开好的释音孔，按键开关SB的按键必须准确伸出外壳面盖上所开好的小圆孔。最后，仔细检查电路接线和安装没有问题后，按照图8（c）所示，在电池夹上装上3粒AG1型扣式微型氧化银电池（注意：电池的负极均与电路板上的铜箔面相接触、正极均与金属电池夹相接触），进行通电试验：按下按键开关SB的按键，紫外线发光二极管VD应通电发光。如果VD不发光，应重点检查VD正、负极是否接反，电池与电池夹、电路板上的铜箔面之间是否存在接触不良的现象等。闭合拨动开关SA，在环境自然光照的条件下，压电陶瓷片B应发出尖厉的警报声，用手蒙住感光窗口或将整机装入口袋里，压电陶瓷片B应马上停止发声。如嫌警报声速率太快（或太慢），可通过适当加大（或减小）模拟声集成电路IC的外接振荡电阻器R的阻值来加以调整。R取值范围通常在82kΩ ~ 120kΩ之间。一般只要元器件质量有保证，焊接没有错误，电路不需任何调试，便可投入正式使用。

该多用报警卡体积小巧，携带方便，用途广泛。其典型用法有：

(1)用于钱包防盗、防丢。

(2)用于人民币真伪的鉴别。



(a) 粘贴绝缘纸　(b) 装入机壳　(c) 装好电池

图8 多用报警卡的组装

(3)其他用途。将多用报警卡放在自己抽屉、不透光的包箱等内，当有人欲悄悄拉开你的抽屉或打开包箱时，同样可以发出报警声。在漆黑的夜晚，随身携带的报警卡还可以兼作打开门锁或紧急情况下的短时间应急照明灯使用。

数字万用表使用的几个特殊问题

文 / 万志强

与指针式模拟万用表相比，数字万用表（DMM）灵敏度和准确度高，显示清晰，过载能力强，便于携带，使用简单，在数据测量、元器件判别、故障检查等方面有其独特的优势。尽管数字万用表使用简单，但下列问题仍然需要我们特别留意。

1.为什么在判断晶体三极管的电极时，不能像指针式模拟万用表那样通过电阻挡去测量？

因为不同型号的数字万用表电阻挡，其开路电压、短路电流都不完全相同，但都比模拟万用表偏小。以VC9808+型数字万用表为例，200Ω挡的开路电压约为0.54V，且挡位越高，开路电压越低。如2MΩ挡的开路电压约为0.49V。至于短路电流，200Ω挡约为0.6mA，且挡位越高，短路电流越小。如2MΩ挡的短路电流只有几微安，而2000MΩ挡只有零点几个微安。还有一个就是数字万用表所提供的测试电流很小，测量晶体三极管正向电阻时，要比用模拟表的电阻挡（如MF47F型模拟表×1k挡的电流约为1mA）的测量值高出几倍，甚至几十、上百倍。因此，用数字万用表电阻挡不适合测量判断晶体三极管。

而改用二极管挡测量PN结电阻的方法去判断晶体三极管的E、B、C极比较合适，因为二极管挡的开路电压及短路电流都比较大，以VC9808+为例，二极管挡的开路电压约为2.7V，短路电流约为1mA。测量时，对于NPN管，令红表笔接其“B”极，黑表笔分别接另两个脚上，两次测得的数字中，值稍高的那一极为“E”极，其值低一些的那极为“C”极。如果是PNP管，黑表笔接其“B”极，同样所得数据高的为“E”极，数据低一些的为“C”极。例如：用红表笔接C9018的中间那个脚（B极），黑表笔分别接另外两个管脚，可得726、734两个值。其中726为B－C之间的测试值，734为B－E之间的测试值。

总之，经过实际测量试验，数字万用表采用二极管挡去测试不同型号的晶体三极管的E、B、C极都取得了准确的测试结果。

2.如何测量大于200μF的电容？

常见的数字万用表，其电容挡的测量值最大为200μF，那么如何使用手头的数字万用表的电容挡测量大于200μF的电容呢？

此方法的测量原理是以两只电容串联公式为基础的。即：$C_{串}=C1\times C2/(C1+C2)$

由于容量大小不同的两只电容串联后，其串联后的总容量要小于容量小的那只电容的容量，因此，如果待测电容的容量超过了200μF，则只要用一只容量小于200μF的电容与之串联，就可以直接在数字万用表上测量了。根据两只电容串联公式，很容易推导出：$C1=C2\times C_{串}/(C2-C_{串})$

用此公式即可算出被测电容的容量值。下面举一个测试实例，说明运用此公式的具体方法。

被测元件是一只电解电容器，其标称容量为220μF，设其为$C1$。选取一只标称值为10μF的电解电容作为$C2$，选用数字万用表20μF电容挡测出此电容的实际值为9.5μF，将这两只电容串联后，测出$C_{串}$为9.09μF。将$C2=9.5$μF、$C_{串}=9.09$μF代入公式，则：

$$C1=C2\cdot C_{串}/(C2-C_{串})$$
$$=9.5\times 9.09/(9.5-9.09)\approx 211\ \mu F$$

3.为什么在测大电流（安培级）时，测量时间不宜超过10秒钟？

当需要用到大电流挡时，一次连续测量的时间最好不要超过10秒，下一次测量应等到万用表稍作冷却后再进行。这是因为数字万用表的大电流挡（10A或20A）一般都是用锰铜丝作分流电阻的。如果测量时间过长，分流电阻（即锰铜丝）会因过热而改变阻值，造成附加温度误差。另外，一般大电流挡都未加保护装置，一旦电流超过允许值就有可能烧毁仪表。事实上，就VC9808+型数字万用表而言，在其20A插孔旁就标有“10secMAX 20A UNFUSED”字样。

4.数字万用表的使用误区

数字万用表同指针式模拟万用表一样都需要电池，但数字万用表对电池的依赖性更强。模拟万用表仅在电阻挡依赖于电池，并且在测量电阻时，如果无法调到零位，即可断定为电池电量不足。但数字表就没那么直观，一般认为只要数字显示正常测量结果则无误，其实这是一个误区。

要使得数字万用表测量数值精确，电池的电压值不应低于表芯所需电压的额定值。当电压过低时，数字显示虽然正常，但此时的测量值却在很大程度上偏离了它的正确测量值，致使测量结果毫无意义，甚至会导致测量人员对测量结果的误判。在此，提醒大家在使用数字万用表时要注意及时更换电池。

怎样制作声控开关

文/莫 恩

声控开关是由声音控制的电源开关。将声控开关电路组装到灯具中，就可以利用口哨声或击掌声控制电灯的开与关，不必再安装开关。将声控开关应用于楼道等公共部位，可实现照明的智能控制，只在夜晚有人走动时才自动开灯，人走后即自动关灯，既满足了照明的需要，又最大限度地节约了电能。

一、电路工作原理

声控开关电路如图1所示，包括声控电路、延时电路、光控电路、逻辑控制电路和电子开关等组成部分，图2所示为电路原理方框图。电路中主要元器件采用数字集成电路，简化了电路结构，提高了工作可靠性。

1．声控电路。由拾音电路（BM）和电压放大器（IC1、IC2、IC3）等构成。声音信号（脚步声、讲话声等）由驻极体话筒BM接收并转换为电信号，经电压放大器放大后输出。电压放大器由3个CMOS非门IC1、IC2、IC3串接组成，R3为反馈电阻，R2为输入电阻，电压放大倍数$A=R3/R2$=100倍（40dB）。改变R3或R2即可改变放大倍数。

2．延时电路。因为照明灯不能随着声音的有无而一亮一灭，应持续照明一段时间，所以必须有延时电路。VD1、C3、R5以及IC5的输入阻抗组成延时电路。当有声音信号时，电压放大器输出电压通过VD1使C3迅速充满电，使后续电路工作。当声音消失后，由于VD1的隔离作用，C3只能通过R5和IC5的输入端放电，由于CMOS与非门电路的输入阻抗高达数十兆欧，因此放电过程极其缓慢，实现了延时，延时时间约为30s，可通过改变C3调整延时时间。

3．光控电路。为使声控照明灯在白天不亮灯，由光电三极管VT1和负载电阻R6等组成光控电路。夜晚无环境光时，光电三极管VT1截止，光控电路输出为“0”。白天较强的环境光使光电三极管VT1导通，光控电路输出为“1”。

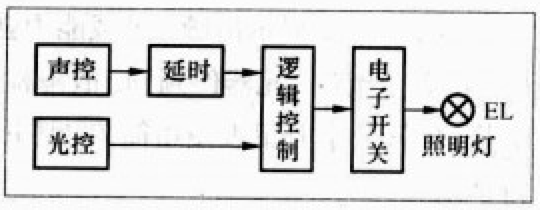


图2

4．逻辑控制电路。由与非门IC5、IC6等组成。声控照明灯必须满足以下逻辑要求：①白天照明灯不工作，②晚上有一定响度的声音时照明灯打开，③声音消失后照明灯延时一段时间才关闭，④本灯点亮后不会被误认为是白天。

逻辑控制系统如图3所示。白天，光控电路输出端（B点）为“1”，本灯未亮，故D点也为“1”，与非门IC6输出端（C点）为“0”，关闭了与非门IC5。此时不论声控延时电路输出如何，IC5输出端（D点）恒为“1”，照明灯不亮。

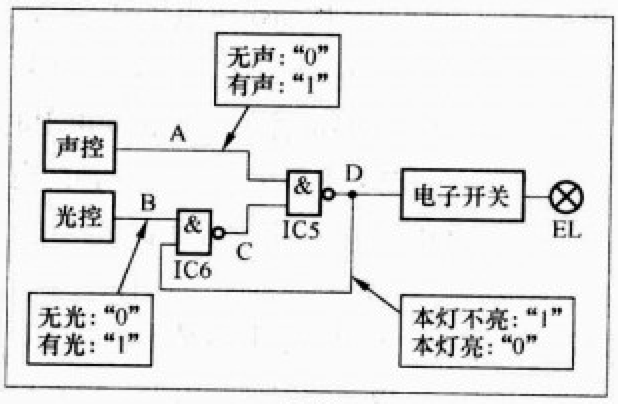


图3

夜晚，光控电路输出端（B点）为“0”，IC5输出端（C点）变为“1”，打开了与非门IC5，IC5的输出状态由声控延时电路决定。当有声音时，声控延时电路输出端（A点）为“1”，IC5输出端（D点）变为“0”，使电子开关导通，照明灯EL点亮。声音信号消失后再延时一段时间，A点电平才变为“0”，照明灯EL熄灭。

当本灯EL点亮时，D点的“0”同时加至IC6的另一输入端将其关闭，使得B点的光控信号无法通过。这样，即使本灯的灯光照射到光电三极管VT1上，系统也不会

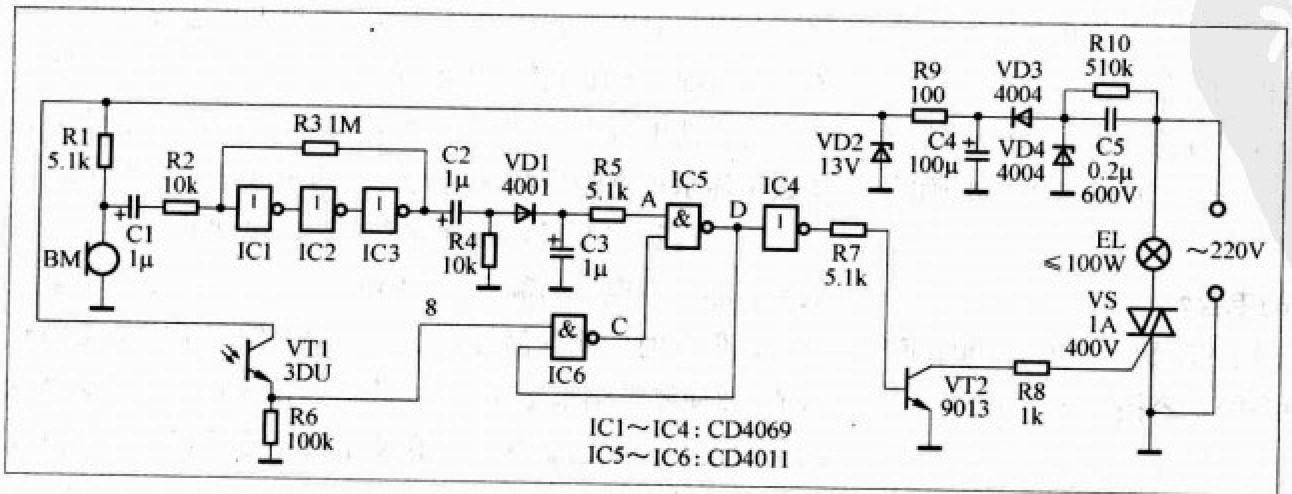


图1

误认为是白天而使照明灯刚点亮就立即关闭。

5．电子开关。由驱动晶体管VT2、双向晶闸管VS等组成，在逻辑控制电路的控制下，控制照明灯EL的点亮与否。

6．电源电路。由电容C5、整流二极管VD3和VD4、稳压二极管VD2等组成电容降压整流电路，为控制电路提供+12V工作电压。

二、光电三极管的代用

光电三极管灵敏度高、输出光电流大，在电子制作中应用广泛。当没有光电三极管时，可按以下方法代用。

1．用光电二极管代用。如图4所示，光电二极管VD与NPN型晶体管VT1组合后，等效为一个NPN型光电三极管VT。如图5所示，光电二极管VD与PNP型晶体管VT1组合后，即等效为一个PNP型光电三极管VT 。

2．用光敏电阻代用。光敏电阻也可以构成光电三极管的代用管。如图6所示，光敏电阻R与NPN型晶体管VT1组合后，等效为一个NPN型光电三极管VT。同理，如果光敏电阻与PNP型晶体管组合后，即等效为一个PNP型光电三极管。

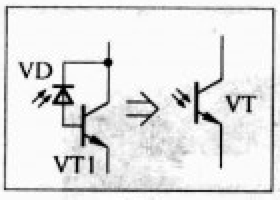


图4

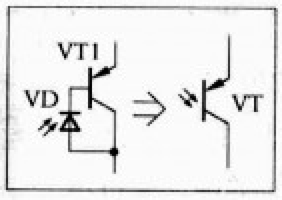


图5

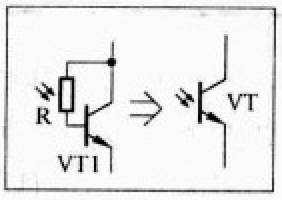


图6

3．用光电池代用。光电池也可以构成光电三极管的代用管。如图7所示，光电池BP与NPN型晶体管VT1组合后，等效为一个NPN型光电三极管VT。同理，如果光电池与PNP型晶体管组合后，即等效为一个PNP型光电三极管。

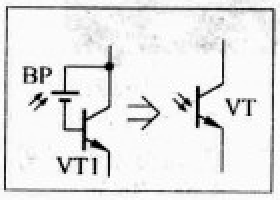


图7

4．晶体三极管改作光电三极管。晶体三极管的管芯受到光照时，其集电极－发射极间的反向穿透电流将会增大。利用这一特性，对晶体三极管稍作改造，即可作为光电三极管使用。对于玻璃封装的三极管，只需如图8所示刮去玻璃壳上的漆层，使光线能够照射到管芯上即可。

图8

对于金属封装的三极管，可按图9所示切去金属管壳的顶部，裸露出管芯，打开的顶部即作为受光窗口。为防止管芯长期暴露在空气中受损，可用一小片透明塑料或有机玻璃覆盖住窗口并粘牢。更好的办法是，从已烧坏的手电筒聚光小电珠上切下聚光玻璃珠，覆盖并粘牢在窗口上，如图10所示，这样不仅起到保护作用，而且由于玻璃珠的聚光作用，还可以增加管子的光灵敏度。

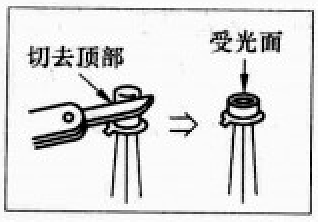


图9

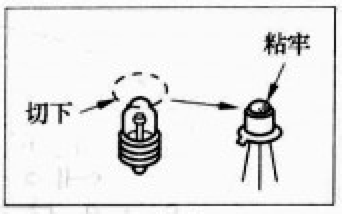


图10

由于光电三极管工作时不需要基极引脚，因此可以利用那些基极引脚齐根折断而报废的晶体三极管，改造为光电三极管使用。

三、元器件选择

IC1～IC4选用CMOS非门集成电路CD4069，IC5～IC6选用CMOS与非门集成电路CD4011，均为14脚双列直插式封装，如图11所示。对于集成电路中闲置的逻辑门，实际制作时应如图12所示将其输入端接地，以防损坏。电路图中往往不画出数字集成电路的电源接线，因为这并不影响电路功能的分析，但在实际制作时要按规定接入工作电源和地线，如图13所示。

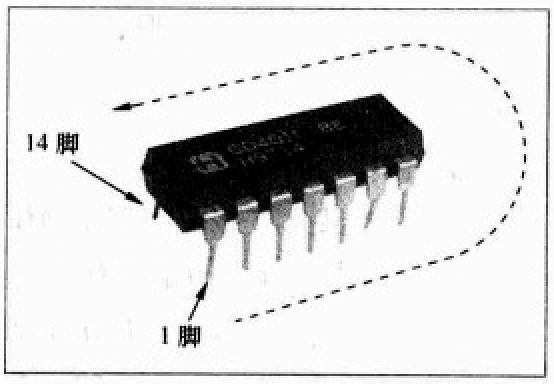


图11

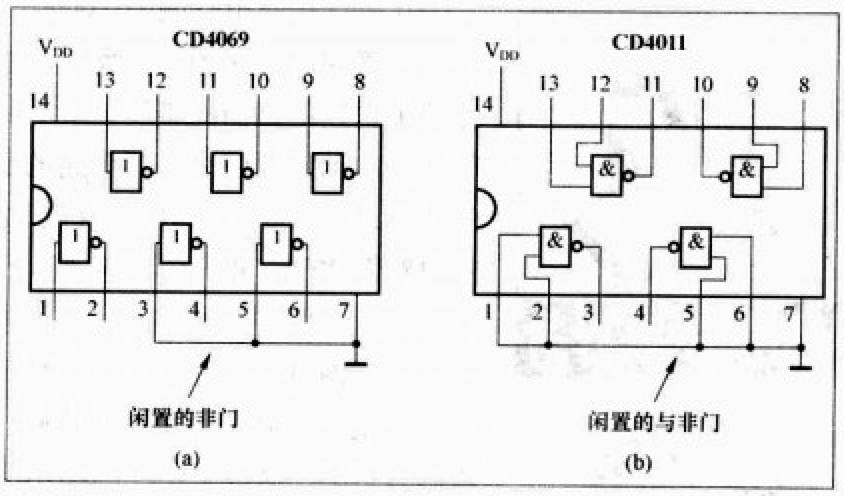


图12

VT1选用3DU系列光电三极管，或按上述方法采用代用管。VT2选用9013等NPN型晶体管。VS选用1A/400V以上的双向晶闸管。以上半导体管的引脚如图14所示。C5为降压电容，耐压应

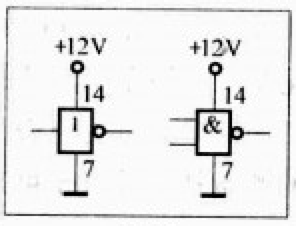


图13

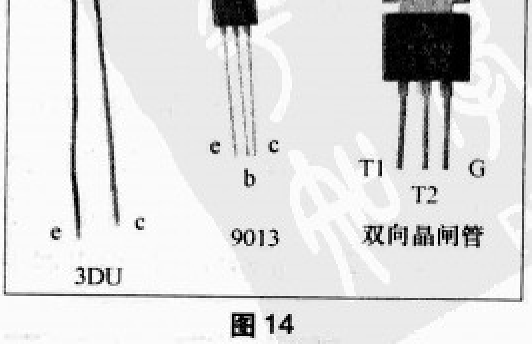


图14

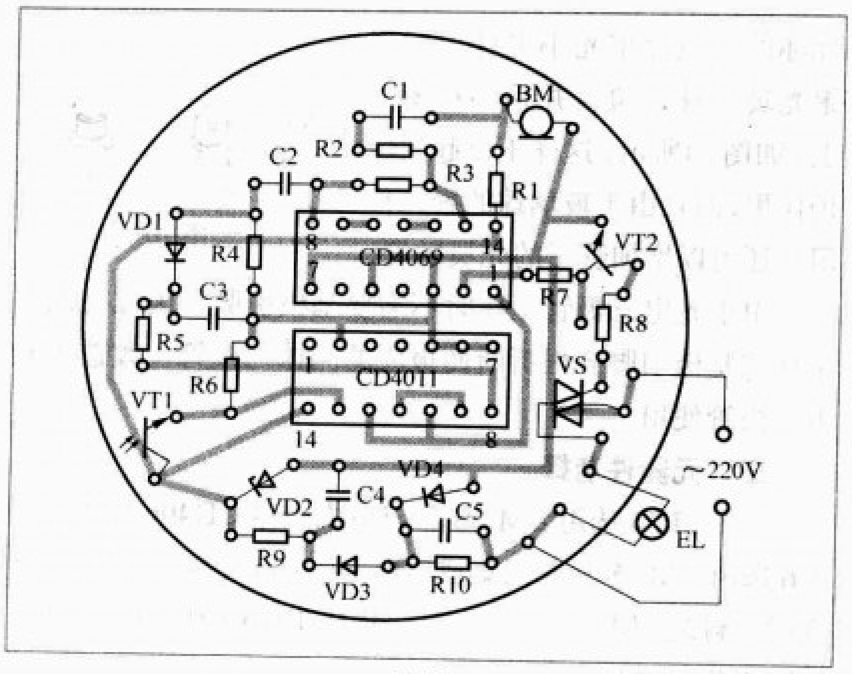


图 15

不低于 600V 。

四、制作与调试

1．制作电路板。按图15所示制作一块电路板，所有元器件均直接焊接在电路板铜箔面。

2．改制外壳。可按图16所示用塑料灯座改制，在灯座上开两个适当大小的孔，分别作为感光孔和感声孔。

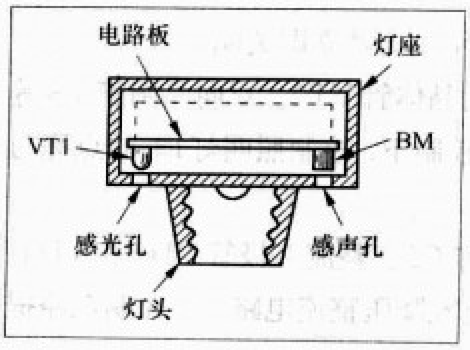


图 16

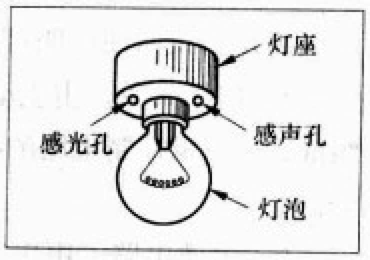


图 17

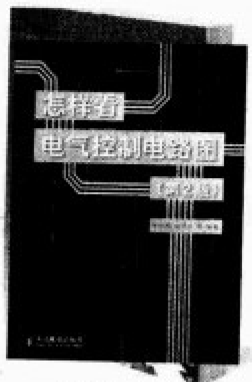
3．组装。电路板装入灯座中后，光电三极管应对准感光孔，驻极体话筒应对准感声孔。组装完成的声控照明灯如图 17 所示为一整体结构，安装使用十分方便。

4．调试。本电路一般无须调试即可正常工作。如有必要，可通过改变R2阻值大小调节声控灵敏度，阻值越小灵敏度越高。可通过改变C3容量大小调节延时时间，容量越大延时时间越长。

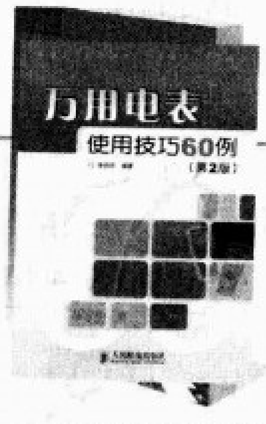
需要特别注意的是，由于本电路采用电容降压直接整流的电源形式，整机（包括地线）均带交流220V市电，制作调试和使用中必须严防触电！

在电气控制电路图中，对每一个元件作用都加以注解说明，这是《怎样看电气控制电路图(第2版)》一书的特点之一。这种图中加注解的方法，化解了识读电路图的难度，采用助记符号区分电气元件的类别，通过电气元件的动作顺序来描述电路的工作过程，分析清晰、有条理，是此书的特点之二。此书的另一个特点是内容丰富，提供了大量常用的电气控制电路图实例，指导学习者得以反复演练【看图思路】、【看图实践】环节。具有这些突出的特点，难怪这本书多次再版印刷。

在识图基础方面，书中介绍了看电气控制电路图的基本知识、看机械设备电气控制图的方法和步骤、组成电气控制电路的基本规律及保护措施等内容。这些总结性的归纳，对学习者具有指导意义。（姚段）



书号：16675
人民邮电出版社
作者：郑凤翼 杨洪升等
定价：38 元



书号:17214
人民邮电出版社
作者：李保宏
定价：20 元

万用电表是一种历史悠久的常用袖珍工具，它总是在不断变换模样，有的还进行了脱胎换骨的改造。人们一直在探寻开拓它的新功能，收集和总结在各类新型电器中使用它的技巧。《万用电表使用技巧60例(第2版)》一书，可以说是应运而生。

书中分别介绍了目前广泛使用的指针万用电表、数字万用电表、新型模拟万用电表和双显数字万用电表的读数装置。从实物照片、各类电路图、示意图，到测量原理分析计算，比较详尽，用于设计制作都够用了。

在60个实际案例中，书中保留了备受欢迎的第1版的部分案例，这是基础知识、经典内容，对初学者是必读部分。人们关心的新表新功能的内容，体现在书中补充和修订的约30个实际案例中。在这些案例中，一方面详细说明了新的附件的原理和使用；另一方面介绍了如何使用万用电表测试电路基本参数、检测电子元器件和检修电路常见故障，特别介绍了新型元器件、新型电器中的测量技巧等。**(于可)**

谈谈简易调频无线话筒的制作细节

文 / 杜灿鸿

调频无线话筒是许多电子爱好者进阶高频电路的必经制作，但是，在调试的过程中，会出现许多令人头痛的问题，甚至会使制作以失败而告终，笔者针对这一点谈谈简易无线话筒的设计和调试。

让我们先来回顾无线话筒的经典电路，如图1所示。这是一个典型的电容三点式正弦波振荡电路，音频信号从基极输入，利用三极管的结电容随着电流变化而变化实现频率的调制，用LC谐振网络实现选频。该电路只用一只晶体管就实现了振荡调制和发射的要求，当供电电压只有3V时，配合调频收音机，其发射的最大距离也能达到20m以上。

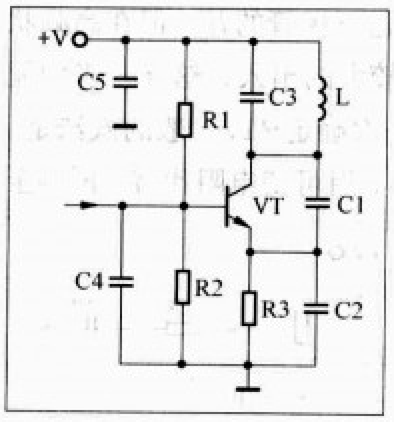


图1

高频电感究竟要绕几圈？

高频电感在电路中起着重要作用，既作为LC谐振回路的关键元件，又是集电极负载，它的取值影响到电路的起振，同时与C一起决定振荡频率，频率偏离FM收音机的接收范围，常会使人误以为电路有问题，不了了之，因此L的取值直接决定最终的成败。但是，电感的参数确定是个很头痛的问题，电感量不容易通过手工计算，由于电感太小，一般仪器又难以测出其值，为了解决这个问题，笔者推荐一个小程序，它是专门为了计算空心电感而设计的，界面如图2所示，笔者认为很值得推荐。

这个程序不仅可计算出电感量，还给出了Q值，对于它计算结果的准确性笔者认为是可以信任的，也经受住了实践的考验，笔者利用它计算的电感值准确地得到LC回路的频率（误差小于2MHz），这已经足够用于本电路了，而且误差的产生估计是分布电容估算不准引起的。（注：这个小程序可到本刊网站下载）。

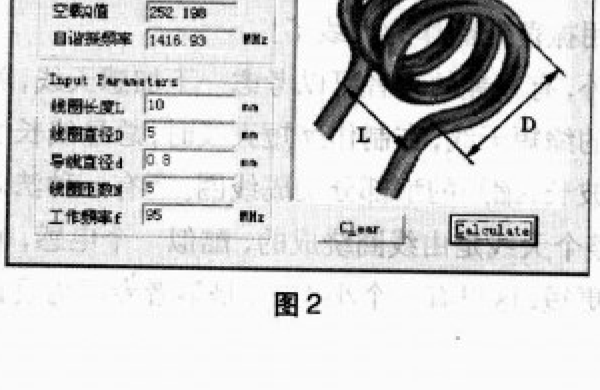


图2

Q值是不是越大越好？

电感值一旦确定，电路的主要参数就大致确定下来，不过关于电感的选择要多谈一点，那就是Q值的问题，相信许多人都听说过“Q值越大，频率越稳定”，这话没错，是不是Q值越大越好呢？答案是否定的。关于Q值请看下面一组公式：

$$Q=2\pi fL/R,\ f=1/(2\pi\sqrt{LC}),\ B=f/Q,\ Q=1/R\sqrt{L/C}$$

其中B为带宽，R为L的损耗电阻，由公式可以看出，当Q很大时，频带B就很小，L/C的值就很大，对于同样的电感值，C就会很小，这会带来以下问题。

(1) 频带太窄（0.1MHz以下），这时会发现接收很难调谐，因为0.1MHz很容易调偏。

谐振回路的C太小，相比之下分布电容就会很大，一般分布电容有1pF~2pF，还有人体感应和环境改变会引起零点零几皮法的漂移，在C较小的情况下，这足以引起1MHz~2MHz的频率漂移，同时频带又小，这样接收器就会收不到信号，这是绝对不允许的。

因此，为了电路的稳定性Q值不宜取太小，通常要保证0.2~0.3的宽带，一般取0.3~0.8的带宽，以保证接收的稳定性，这可能比增加发送距离显得更有意义。不过也不要取太大，以Q值100~300为宜，太大会导致有限的功率发散，降低了发送的距离。

频率要定在哪里？

频率没有前两个参数重要，但也要斟酌，FM收音机的频率范围为88MHz~108MHz，一些有TS频道（70MHz~88MHz），在FM频道，电台很多，特别是一些大城市，频道很多很密，自制的无线话筒产生的微弱的信号被淹没在电台的信号中，基本找不到一处没有信号的频段，TS频道略有改善。挣扎在这些“干扰”中是件痛苦的事，它会使你精心设计的发射器的有效距离大打折扣。因此，在设计之前先耐心找一个“安静”的频段，在调试的时候通过改变发射器的频率来“对准”收音机，这样做可以有效地增加距离。

C1与C2之比

C1、C2和C3共同构成谐振回路的C，同时C1和C2又构成振荡电路的正反馈元件，其反馈比为$C2/(C1+C2)$，设放大器的放大倍数为A，那么当电路稳定时就有$A\cdot C2/(C1+C2)=1$，因此，要适当选择C1与C2，为了让电路输出比较大的信号，同时又有足够的反馈比，让电路起振并工作于较佳的状态，一般取反馈比为0.1～0.8为宜，至于大小，取与C3接近就可以。

下面再谈谈设计和计算。

一般来说，解决以上几个方面，顺利地制成无线话筒不成问题，下面以实际例子，设计一个无线话筒，顺便谈谈直流工作点的计算问题。设计要求是：电源3V（二节干电池），可以输入音频信号，只用一只三极管。

1.电路主要参数

要设计这类电路，先要确定电路的结构，单管电路则图1是不错的选择，不过如果想加一级高放，最好采用图3所示的电路，该电路采用射极输出的方式，能够把后级的影响隔离，因此稳定性很好。作为代价，输出功率会稍小，不过，笔者在5V的电压下，工作电流5mA，有效距离也有30m，如果对距离要求不高，该电路应是最佳选择。

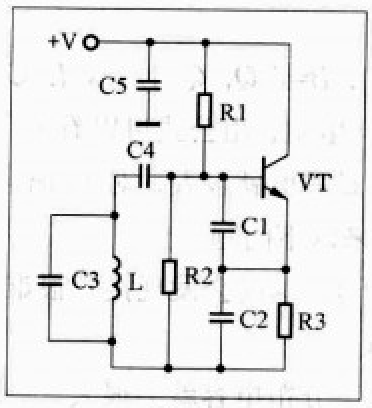


图3

不管哪种电路，参数确定方法都一样，按上面所说的先确定几个关键元件，笔者确定的如下表所示，供参考。

电感	L=9mm，D=6mm，d=0.6mm，N=8，Q=286，电感量约为194nH
C1	10pF
C2	10pF
C3	20pF
C4	100pF～1000pF
C5	0.01μF～0.1μF
f	73MHz

这里再推荐一个小程序，界面如图4所示，这程序是笔者为了方便计算LC谐振回路而设计的，用它可以快速计算LC，读者可在本期配刊光盘中找到。

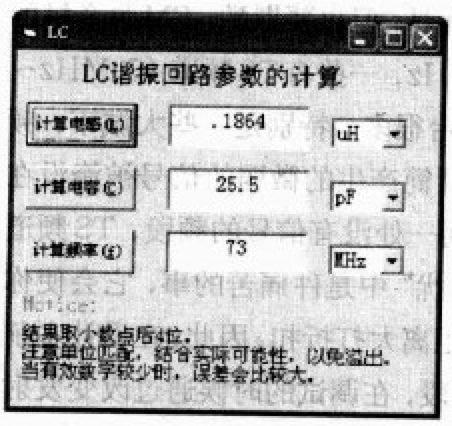


图4

笔者的频率定在73MHz，主要是为了提高稳定性并减少干扰，借助附件中的两个程序，可以很方便地选择其他频率下对应的参数。

2.直流工作点的问题

三极管一般采用9018，其典型的f_T=1100MHz，最小有700MHz，I_{cm}=50mA，P_{cm}=400mW，因此工作电流取10mA以下为宜，本电路取5mA。

发射极的电压一般取电源的40%，但本电路只有3V，不宜取太大，20%左右就可，若取$R3$=100Ω，刚好符合要求。

基极电阻的确定。如果采用分压式偏置法，计算方法很简单，也较准确，易得基极电压为1.2V左右，即可得$R1/R2\approx 3/2$，取$R1$=3.3kΩ，$R2$=2.2kΩ即可。

但如果采用固定偏置，即去掉R2，这可能会出现在只用一节干电池供电的情况中，因为电压太低，一般不用分压式偏置。这时要确定R1需要知道三极管的h_{fe}，但在高频状态下其值与直流下的测量值有较大的出入，这样一来便无法精确地预知基极电流，难以一次确定R1，一般的做法是：取h_{fe}为静态的一半，计算出R1，用可变电阻代替，再调至满意值换上固定电阻。

3.关于输入输出

话音输入首选驻极体话筒，其偏置电阻一般取2.2kΩ～10kΩ，本电路取2.2kΩ。如果输入音频信号，要加一级RC网络，既扩展频带又可以防止信号过强造成声音阻塞。见图5。

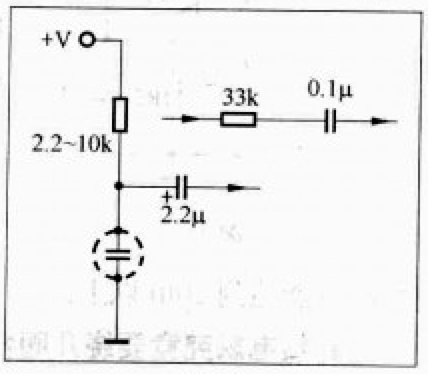


图5

4.射频的输出

一般都是从电路中信号幅度变化最大的一点通过电容耦合输出，天线一般使用50cm以上的软导线，最好用四分之一波长的金属杆。还可以在电感线圈间隙中绕一个次级线圈再输出，一般用于匹配阻抗。

比较有趣的是，任何一根导线都可能成为天线。笔者在调试时发现，不加天线也有10余米的距离，分析原因，估计是音频输入线有15cm，成了天线，另一方面，电感线圈的直径较大，成了一小环形天线。因此，在制作时可以巧妙地利用这些来减小甚至去掉天线。还有这种可能，将电感线圈用较粗的导线绕成直径5cm的线圈，便是一个名副其实的环形天线了，考虑一下分布电容的影响，避免跑频，那么就能利用振荡线圈作为天线了！

另外，有兴趣的读者可以考虑一下加感天线，就是与电感串联的缩短天线，在制作缩短天线时，总导线长度仍为四分之一波长，缩短的那部分绕成线圈。还有一种法向模螺旋天线，整个天线是由线圈绕成的，酷似一个电感，它能把天线缩得更短，这里有一个小程序，是笔者专门为设计这种天

热转印法制作电路板实战演练

文/丁 平 马晓明

电路板是电子制作的基础部件，是电子电路的载体，电子电路中的各种元器件以电路板为基础组合在一起，从而实现电路的整体功能。而加工电路板，又是业余电子爱好者感到最头痛的事，往往是半天时间就设计好的电路，可加工电路板却花费了几天的时间。甚至一些很好的设计创意，却因为加工电路板太花时间和费用而放弃了实验，无法继续实现。所以掌握如何简单、快捷、低成本、高质量制作实验用电路板，是电子爱好者应具备的一项重要技能。

业余条件下，难点在制版和印制环节上。由于只需要制作少量（一块或几块）电路板，采用正规的制版和印制工序显然是不经济的，于是就有了各种非印制或亚印制的制作方法，如雕刻法、手工描绘法、帖图法、油印法、热熔塑膜制版法、使用预涂布感光敷铜板、热转印法等。其中热转印法比常规制版印制的方法更简单，使用激光打印机，将设计的PCB铜箔图形打印到热转印纸上，再将热转印纸紧贴在覆铜板的铜箔面上，以适当的温度加热，转印纸上原先打印上去的图形（其实是碳粉）就会受热融化，并转移到铜箔面上，形成腐蚀保护层。通过敷铜板腐蚀液腐蚀后就会将设计好的电路留在上面。现在大多数的电路都是使用计算机CAD设计，激光打印机也相当普及，这个工艺还比较容易实现，而且能够满足大多数电子制作的要求，一直被很多电子爱好者所采用。

下面笔者通过一实例为初学者详细介绍该制版方法。

1.电路设计

制作电路板之前首先要进行电路图的设计，这是完成电子制作的前提。从确定板子的大小开始，印制电路板的大小受机箱外壳大小的限制，尺寸不宜过小应以恰好放入外壳为宜。其次，应考虑电路板与外接元器件的连接方式。

可以用protel或power PCB等设计软件布线。以Protel为例，在布线时要注意，理论上用热转印的方法可以做出10mil（0.254mm）线，但在浸板时，如控制不当，很容易有断线的现象。在满足要求的情况下应尽量将线宽设计得大一些，例如15mil（0.381mm)以上的线宽。图1所示为一设计好的电路。

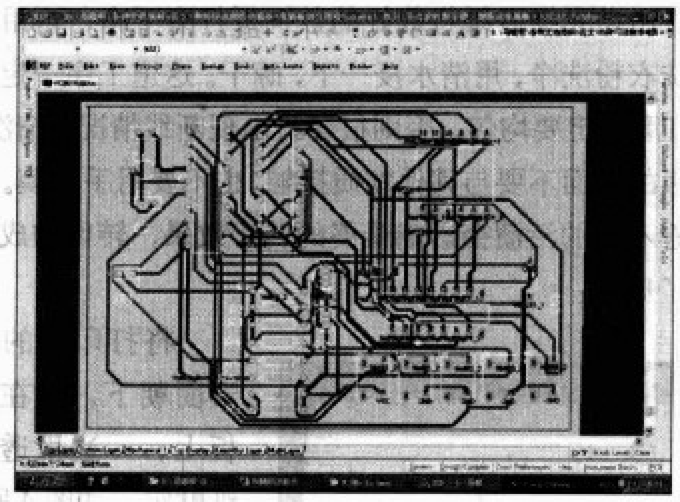


图1

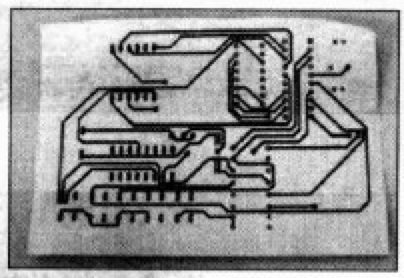


图2

2.复印

电路板图设计完成后，接下来的工作便是制作电路板。制作电路板的过程就是将依据电路原理图设计出的电路板图实物化的过程。设计好PCB后，将PCB图用激光打印机打印到热转印纸上（见图2），如果没有激光打印机，也可以先用喷墨打印机将图打印在白纸上，然后再用激

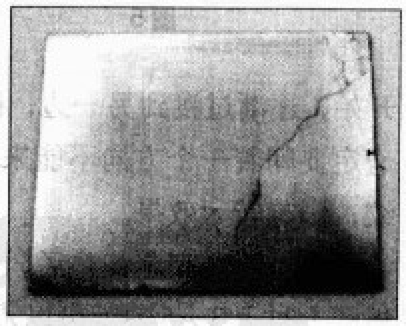


图3

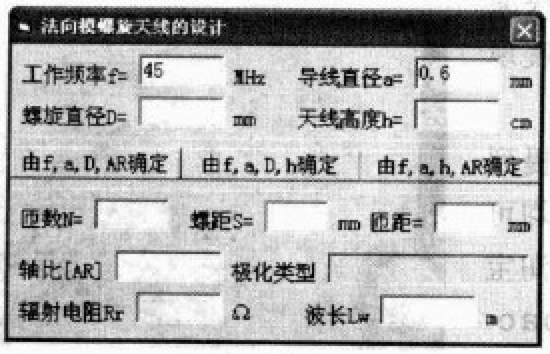


图6

线而编写的，有兴趣的读者可以在本期杂志配刊光盘中找到，界面如图6所示。

该程序计算出了天线的结构，还有辐射电阻和极化类型，遗憾的是不能计算出效率和驻波比，以后再想办法改善，希望能对读者有所帮助。

调频无线话筒的电路简单，制作时只要尽量使电路“固定”就可，分布电容大点没关系，重要的是分布电容不要随着环境改变而大幅度变化。

光复印机复印到转印纸即可（用喷墨打印的精度没有直接用激光打印的高）。复印时最好先试印一下，看看深浅如何。一般可以略调深一点，以保证线条部分被磨粉完全填充。

3.转印

根据实际的PCB大小，剪裁好打印在转印纸上的PCB图，并裁好合适的覆铜板，最好比图纸大一点，如图3所示。

先用抛光细砂纸将裁好的敷铜板打磨干净，再用洗涤剂或洗衣粉洗净，用清水浸一下，晾干。这道工序一定要细心，打磨一定要均匀，否则很容易出现断线情况。清洗后，电路板的铜面不要与其他物质接触，也不要用手触摸。覆铜板上看不见的污渍会影响最终的转印效果，转印的成败就在此了！

将打印好的纸图形面朝下，贴在覆铜板上，一边用透明胶纸贴牢。如图4所示。

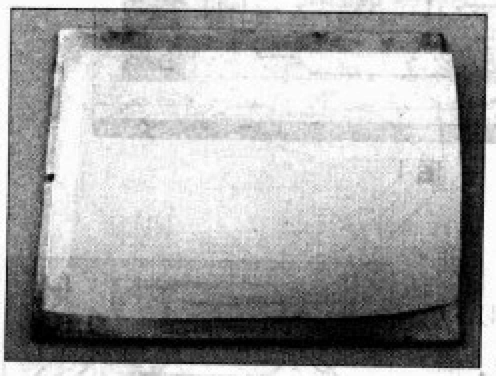


图4

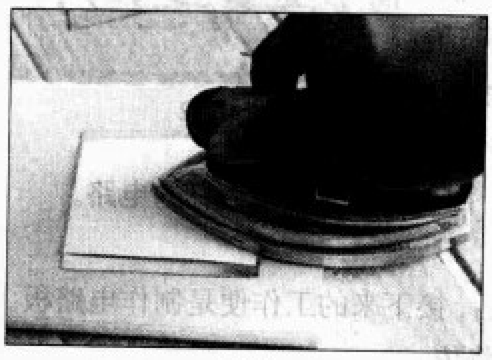


图5

接下来就要对其加热进行转印，比较专业的做法是采用热转印机，但该机器少则几百元，对于业余爱好者来说还是不小的投入。笔者通过采用家用电熨斗来代替，效果也不错，见图5。

在电熨斗开始发热时应先用其在板子上面进行预热1~2分钟，从粘胶带的一边开始，逐渐过渡到另一边，移动速度不要太快，约1cm/s，一定要朝着一个方向不能来回移动电熨斗，否则会出现皱纹，影响转印效果。

当电熨斗完全加热后，再用预热时的手法，将电熨斗在板子上过上3~5遍就可以了，然后让其自然冷却。将转印纸小心揭下，这时衬纸上的墨粉就会转印到覆铜板上了，见图6。根据经验，最好将温度设定在180°以上，但也不要太热，否则会烤焦胶带和转印纸。

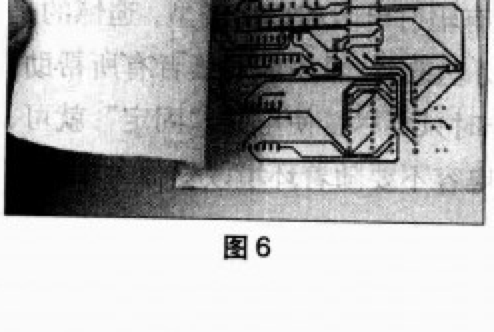


图6

4.腐蚀

腐蚀是指将转印好电路的敷铜板放入腐蚀液中腐蚀掉多余的铜箔部分，最终形成电路板。腐蚀材料可以用三氯化铁或盐酸＋双氧水，笔者一般用 $FeCl_3$（三氯化铁）。浸板前最好做好防护工作，制双面板的要记得在背面用透明胶全面粘牢！还要保护自已的手。

找一个能容纳电路板的耐腐蚀容器，如小塑料盆，放入适量的三氯化铁，并加入2~3倍的水，以能够完全淹没需腐蚀的敷铜板为准。三氯化铁与水的配比没有严格的要求，浓度高些腐蚀速度快些。将敷铜板放入腐蚀液中，敷铜板上没有被油墨覆盖的部分就会逐渐被腐蚀掉。见图7。

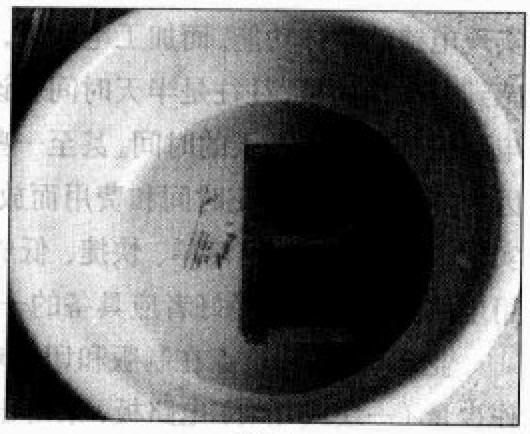


图7

腐蚀过程中只需轻微晃动即可，由于化学反应比较剧烈，不要做较大幅度的晃动，否则有可能会使细线被过度腐蚀，导致走线变细或有断裂。腐蚀后的电路板见图8。

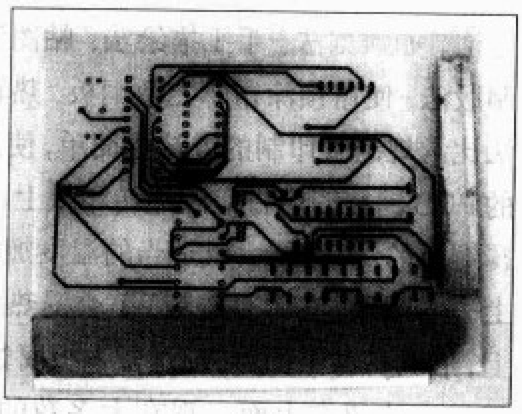


图8

当见腐蚀完时要及时捞出覆铜板以防腐蚀过度，并用自来水冲洗，再让它在清水里浸一下，用洗板水洗掉墨粉，也可用细砂纸轻轻将墨粉打掉。

5.后期加工

钻孔一般用0.8mm的钻头，可根据实际的元件引脚大小来钻孔，钻的时候一定要垂直，手不要抖。制双面板的，先打好预先留好的定位孔，再把另一面打印好图的转印纸细心地对齐，再按上述的步骤进行。笔者做双面板一般是用两块很薄的PCB板，做好板后粘在一起，再一起加工，这样可省一些时间，也比较容易实现。图9为一加工好的电路板。

到此，一块漂亮的电路板就展现在你眼前啦！

以上文中提到的材料及工具均可在电子市场或淘宝网www.taobao.com上买到。

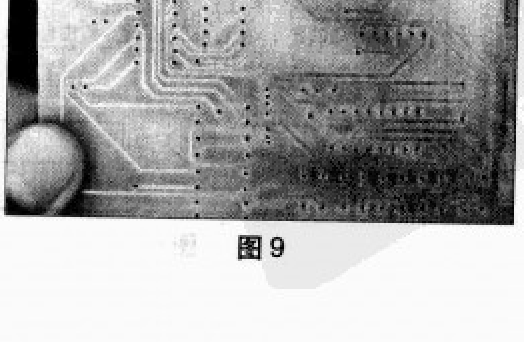


图9

学·做·用

趣味太阳能风扇凉帽

文/张晓东

盛夏来临，市场上流行一种电风扇式旅游凉帽，深受广大游客和青少年的喜爱。这种凉帽的外观如图1所示，它由1节5号干电池、1个电源小开关和1个带有塑料风扇叶片的小电动机串联组成。闭合电源开关，电动机通电工作，风扇叶片转动，向戴帽者面部吹去阵阵凉风。这种电风扇式旅游凉帽，既能遮挡住照射使用者面部的阳光，又能使人的面部享受到清凉的微风，广泛适合于夏季旅游、观赏露天体育比赛和从事各种野外活动的人员使用。

如果自己动手将这种电风扇凉帽改造成如图2所示的由太阳能电池供电的风扇凉帽，则不仅时尚新潮，绿色环保，而且更加实用有趣：当你戴着这种风扇凉帽在太阳光下行走时，小风扇自动运转，并且光照越强，转速越快，所产生的风力也越强；进入房间或树荫下，小风扇自动停转。

一、工作原理

太阳能风扇凉帽的电路如图3所示，它由太阳能电池板BP和带有风扇叶片的小电动机M组成。其最大特点是：线路简单，只要有太阳光照射便能工作，省去普通电风扇式旅游凉帽开关电源和更换干电池的麻烦，既经济环保，又能体现出人与自然的和谐相处，真可谓“大自然小空调”。

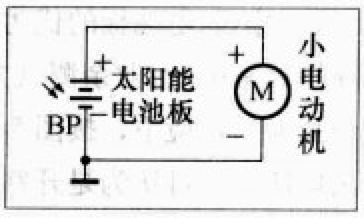


图3 太阳能风扇凉帽电路图

当有太阳强光照射到太阳能电池板BP上时，BP表面即发生光伏效应，其两端输出一定功率的电能，驱动小电动机M运转，由风扇叶片产生一定风力；当太阳能电池板BP接收的太阳光弱小（天空多云）时，其两端输出功率减小，小电动机M转速下降，风扇叶片产生的风力随之减小；当无太阳光照射（天阴、天黑或戴帽者进入树荫、房内）时，太阳能电池板BP两端基本无功率输出，小电动机M自动停止运转，风扇叶片不再吹风。

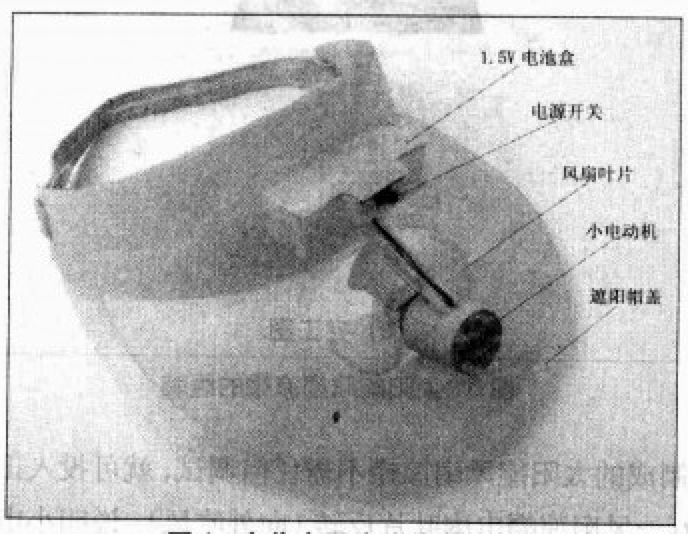


图1 市售电风扇式旅游凉帽

图2 太阳能风扇凉帽外形图

二、元器件选择

该制作总共只用了2个电子元器件，其中太阳能电池板BP需要单独购买，小电动机M及其所配风扇叶片在我们所要改装的普通市售电风扇式旅游凉帽上已经包含，所以一般不必再另外选购。

BP选用开路电压≥3V、短路电流≥70mA、外形尺寸约为80mm×65mm×6mm的成品硅太阳能电池板，其外形如图4所示。这种太阳能电池板已装有塑料保护框架，并

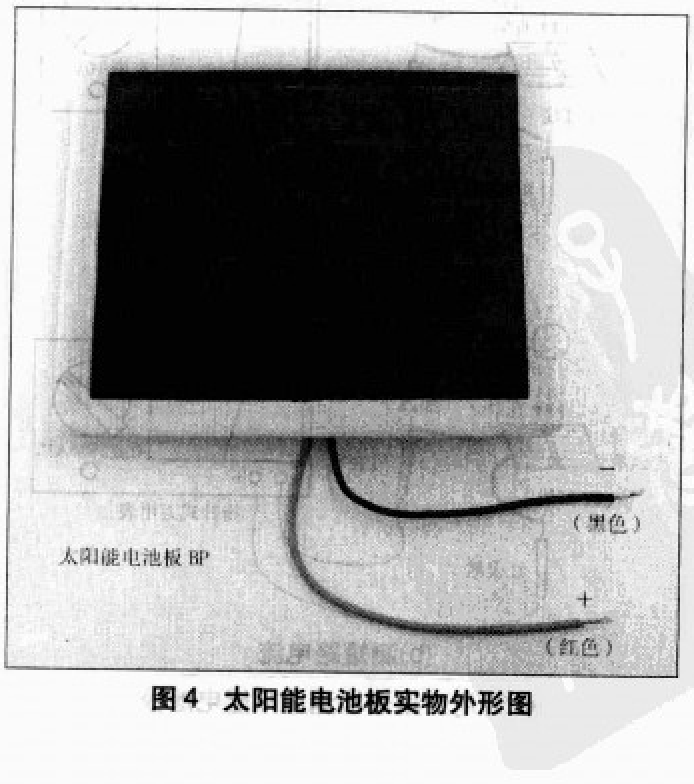


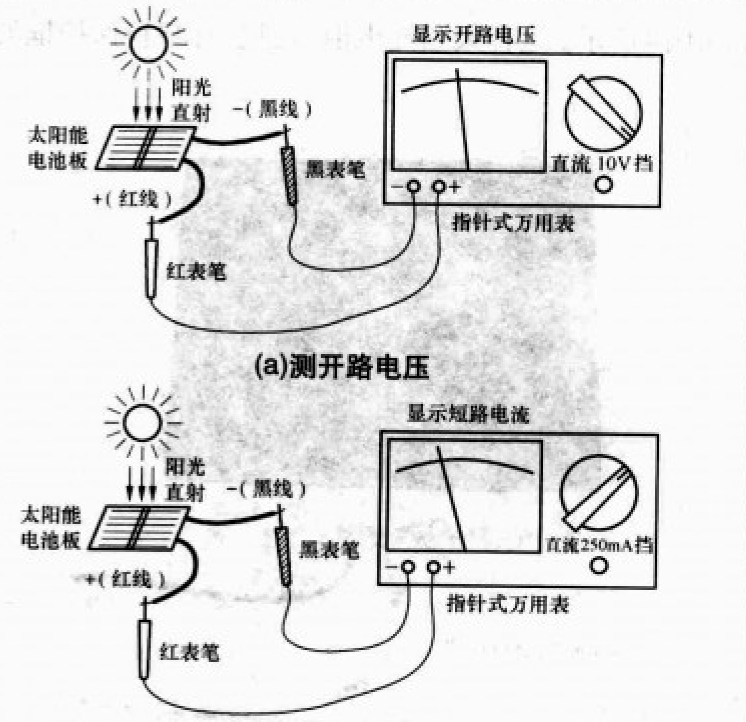
图4 太阳能电池板实物外形图

从背面焊引出两根塑料电源软电线，其中红色为正极（+）引线，黑色为负极（–）引线，使用很方便。太阳能电池板的功率输出能力与其面积大小密切相关，面积越大，在相同光照条件下的输出功率也越大。其他尺寸或规格的太阳能电池板，只要开路电压达到3V、短路电流达到70mA，均能够在本制作中使用。

太阳能电池板的优劣主要由开路电压和短路电流这两项指标来衡量。业余测试方法是：将太阳能电池板放在太阳光直射的环境下，按图5（a）所示，用万用表测出两端输出电压，即可认为是开路电压；再按图5（b）所示，将万用表直接跨接在太阳能电池板两端测出输出电流，即认为是短路电流。

三、制作与使用

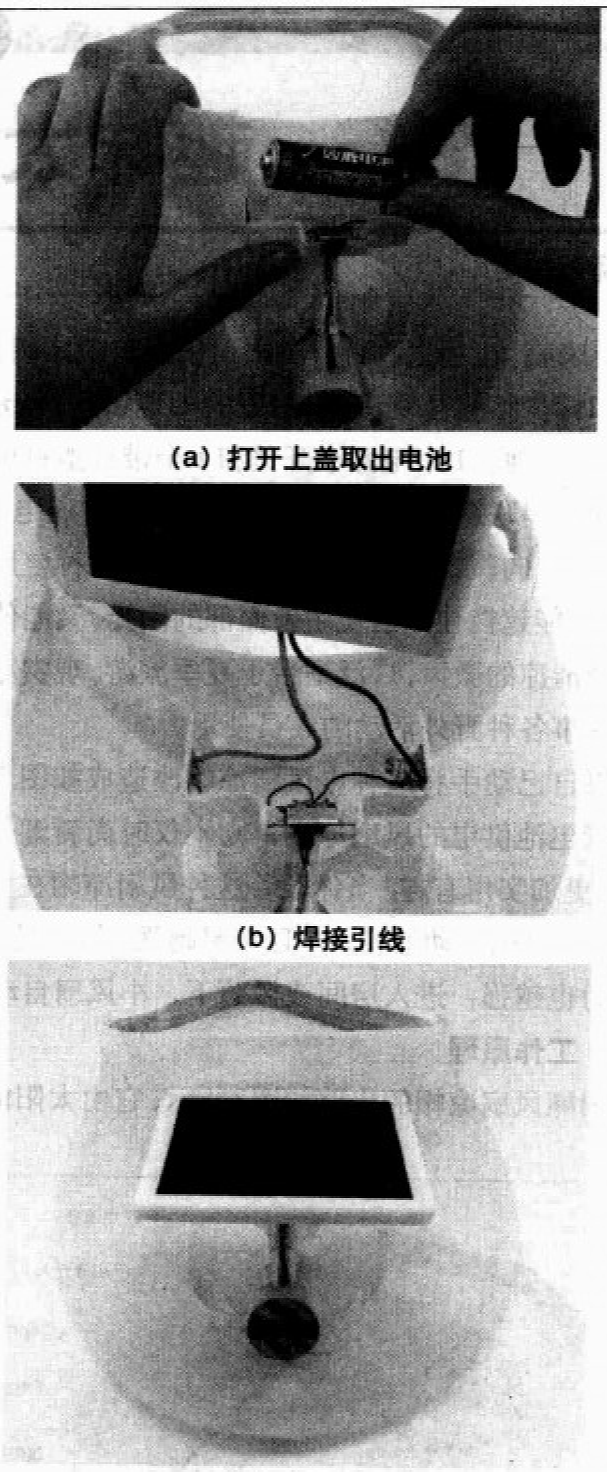
本制作由于是在普通市售电风扇式旅游凉帽的基础上进行改造并组装的，所以动手制作起来显得比较容易：首先，按照图6（a）所示，将欲改造的普通电风扇式旅游凉帽上的电池盒上盖打开，取出里面的单节5号干电池不用。然后，按照图6（b）所示，将太阳能电池板BP上的红色引线（正极）焊接在凉帽上原有电池架的正极端，黑色引线（负极）焊接在电池架的负极端（有弹簧的一端）。电池盒所带的电源开关可不必拆掉，将开关始终闭合（形同一根导线）即可。最后，图6（c）所示，将太阳能电池板BP通过热熔胶粘固在电池盒顶上。具体可到五金商店去购买一根热熔胶棒（单价1~2元），采用电烙铁加热熔化热熔胶棒的简易方法进行粘固，粘固点选择在太阳能电池板BP的背面与电池盒相交接处，数量一般取6处即可。这种采用电烙铁加热熔化热熔胶棒的简易粘固方法，既方便快捷，又牢固可靠。



(a)测开路电压

(b)测短路电流

图5 用万用表检测太阳能电池板


（a）打开上盖取出电池

（b）焊接引线

（c）完工图

图6 太阳能风扇凉帽的组装

制成的太阳能风扇凉帽不需任何调试，就可投入正常使用。万一风扇凉帽电扇叶片反转（向外吹风），说明小电动机M的正、负极性接反，只需调换一下接线位置，便可排除故障。如果使用的太阳能电池板符合要求，电路接线也没有错误，但小电动机M就是不转动或转速很慢，说明电风扇式旅游凉帽原有小电动机采用的是启动电流大、效率低的普通玩具电动机，应该换用高效率的直流小电动机，如24ZY01型（额定电压2.3V、额定转速1600r/min）等，用“随声听”收录机上专用的1.5V~2.4V小电机（不带调速电路）也行。

在炎热的夏日出门可别忘记了戴上太阳能风扇凉帽哦！当你戴着这顶亲手改造成的太阳能风扇凉帽外出旅游或参加2008年北京奥运会，参加学校及班级组织的郊游、夏令营等活动时，一定会招来众多羡慕的目光和赞许声！

解读元器件封装

认识集成电路的封装（上）

文/门 宏

相对于半导体分立器件而言，集成电路的封装技术发展更快，封装的技术含量更高，封装形式的种类更多，对安装使用的要求更严。了解集成电路各种封装的基本概念、形式特点、选用和安装方法，对于正确应用集成电路是十分重要和必需的。

一、集成电路封装形式的分类

随着微电子技术的飞速发展，集成电路的集成度越来越高、功能越来越强、引脚数越来越多，促使集成电路的封装技术也得到了飞速发展。集成电路的封装形式从金属外壳多引脚封装，到单列或多列直插式封装、扁平式封装、针栅阵列式封装、球栅阵列式封装，再到芯片级封装，历经几代发展，技术指标一代比一代先进，引脚数量从几根到数百上千根不等，形成了种类繁多的集成电路封装形式。

1.从安装方式上看，集成电路的封装形式可分为插入安装式和表面安装式两大类。插入安装式包括插入电路板焊接安装、插入专用插座安装等形式。表面安装式包括双侧或四侧引脚表面焊接安装、无引线表面焊接安装、阵列式接点安装等形式。

2.从封装材料上看，集成电路的封装形式主要有金属外壳封装、陶瓷封装和塑料封装等。目前使用最多的是塑料封装集成电路。

3.从引脚形状上看，集成电路的封装形式可分为单列直插式、双列直插式、四列直插式、扁平式、无引线式、球栅阵列式和针栅阵列式等。

集成电路的主要封装形式见表1～表4 。

二、常见集成电路封装形式

常见集成电路封装形式中，单列直插式封装（SIP）、双列直插式封装（DIP）、双列扁平式封装（DFP）、四方扁平式封装（QFP）等应用最为广泛，几乎被绝大多数集成电路

表1 集成电路的直插式封装形式

封装类型	封装名称
单列直插式封装	SIP（单列直插式封装）
	CSIP（陶瓷单列直插式封装）
	PSIP（塑料单列直插式封装）
	SIPH（带散热器的单列直插式封装）
双列直插式封装	DIP（双列直插式封装）
	CDIP（陶瓷双列直插式封装）
	PDIP（塑料双列直插式封装）
	DIPH（带散热器的双列直插式封装）
	JDIP（J型引线双列直插式封装）
	SDIP（缩小型双列直插式封装）
四列直插式封装	QIP（四列直插式封装）
	CQIP（陶瓷四列直插式封装）
	PQIP（塑料四列直插式封装）
	QIPH（带散热器的四列直插式封装）

表2 集成电路的扁平式封装形式

封装类型	封装名称
双列扁平封装	DFP（双列扁平封装）
	CDFP（陶瓷双列扁平封装）
	PDFP（塑料双列扁平封装）
	TSOP（薄型缩小型双列扁平封装）
四方扁平封装	QFP（四方扁平封装）
	CQFP（陶瓷四方扁平封装）
	PQFP（塑料四方扁平封装）
	HQFP（带散热器槽的四方扁平封装）
	BQFP（有护角挡板的四方扁平封装）
	BQFPH（有护角挡板并带散热器的四方扁平封装）
	GQFP（带护圈的四方扁平封装）
	TQFP（薄型四方扁平封装）
	TQFPT（特薄型四方扁平封装）

表3 集成电路的阵列式封装形式

封装类型	封装名称
针式栅格阵列封装	PGA（针栅阵列封装）
	CPGA（陶瓷针栅阵列封装）
	PPGA（塑料针栅阵列封装）
	mPGA（微型针栅阵列封装）
	CuPGA（有盖陶瓷针栅阵列封装）
	FC-PGA（反转芯片针栅阵列封装）
球式栅格阵列封装	BGA（球栅阵列封装）
	CBGA（陶瓷球栅阵列封装）
	PBGA（塑料球栅阵列封装）
	EBGA（增强型球栅阵列封装）
	FBGA（精细型球栅阵列封装）
	LCBGA（低成本球栅阵列封装）
	SBGA（超级球栅阵列封装）
	TinyBGA（微型球栅阵列封装）
岛式栅格阵列封装	LGA（岛栅阵列封装）
	PLGA（塑料岛栅阵列封装）
	FLGA（精细型岛栅阵列封装）

表4 集成电路的其他封装形式

封装类型	封装名称
小尺寸封装	SOP（小尺寸封装）
	PSOP（塑料小尺寸封装）
	SSOP（窄间距小尺寸封装）
	TSOP（薄型小尺寸封装）
	QSOP（四方小尺寸封装）
	SOI（直脚小尺寸封装）
	SOJ（J 形引脚小尺寸封装）
	SOG（有翅形引脚的小尺寸封装）
	HSOP（带散热器槽的小尺寸封装）
	SOW （宽体小尺寸封装）
芯片载体封装	LCC（无引线芯片载体封装）
	LCCC（陶瓷无引线芯片载体封装）
	PLCC（带引脚的塑料芯片载体封装）
	CLCC（带引脚的陶瓷芯片载体封装）
	JLCC（J 形引脚芯片载体封装）
	PLCCH（带散热器的有引脚塑料芯片载体封装）
带状载体封装	DTCP（双侧引脚带状载体封装）
	QTCP（四侧引脚带状载体封装）

所采用，也是业余条件下可以自己动手安装焊接的集成电路封装形式。针式栅格阵列封装（PGA）、球式栅格阵列封装（BGA）等更加适用于超大规模集成电路的封装。

1.单列直插式封装（SIP）

单列直插式封装是最常用的插装型封装之一，外形如图1所示。集成电路的引脚从封装的一个侧面引出，排列成一条直线，安装到电路板上时集成电路呈竖立状。单列直插式封装的形状和大小各异，引脚数有多有少，标准的单列直插式封装引脚中心间距通常为2.54mm 。此外还有缩小型和大型单列直插式封装，以及带散热片的单列直插式封装。

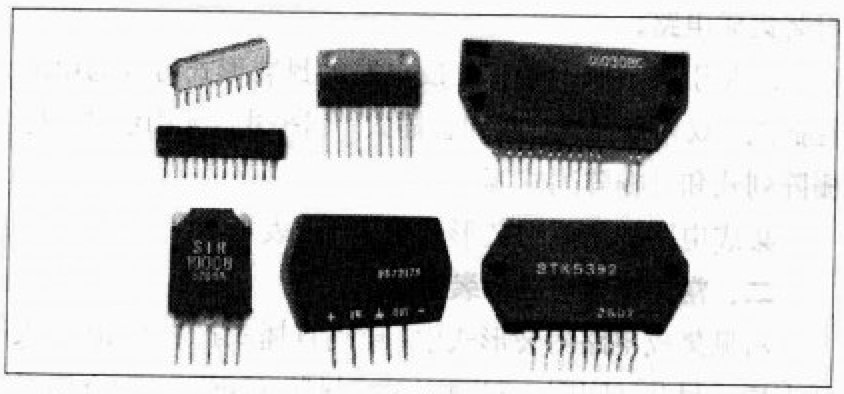


图1

单列直插式封装引脚的识别方法如图2所示。识别时将集成电路引脚朝下，印有商标型号的一面朝向自己，并找出定位标记。定位标记通常为凹坑、缺口、色点、色带、小孔、缺角等，一般位于左侧。这时集成电路最左边的引脚为1脚，自左向右数，依次为1、2、3……脚。

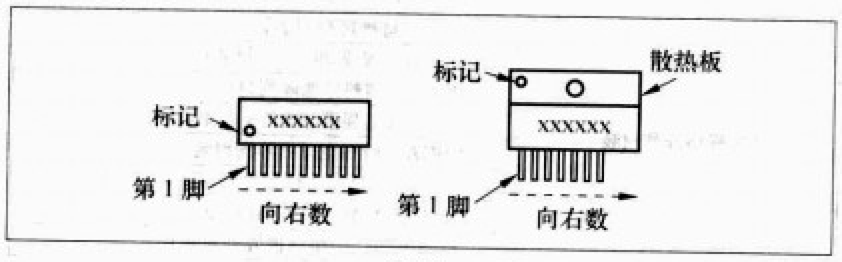


图2

另有些单列直插式集成电路末位引脚间距增大，以此作为识别标记，识别时应将该引脚置于右侧，仍然自左向右数，依次为1、2、3……脚。

2.双列直插式封装（DIP）

双列直插式封装外形如图3所示，是最普及的插装型封装之一，应用范围包括模拟通用电路、数字逻辑电路、处理器、存储器、单片机电路等，以及众多专用集成电路。双列直插式封装具有两排引脚，引脚数为双数，引脚从封装的两侧引出，并折弯向下排列成两条直线，当安装到电路板上时集成电路呈平卧状。

双列直插式封装的形状、大小、引脚数有许多种规格，标准的双列直插式封装相邻引脚中心间距通常为2.54mm，还有缩小型双列直插式封装，以及带散热片的双列直插式

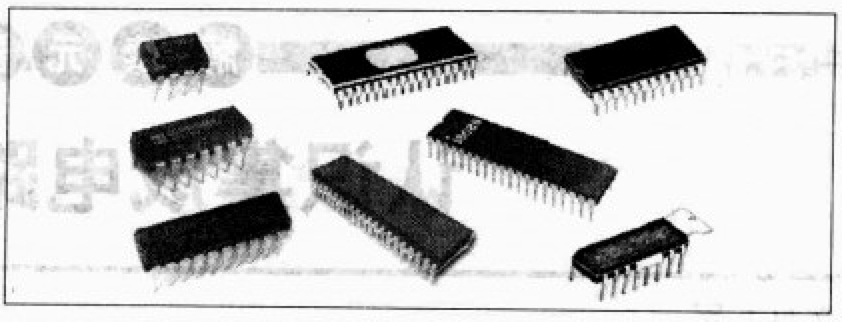


图3

封装等。

双列直插式封装引脚的识别方法如图4所示。识别时将集成电路印有商标型号的一面朝上（引脚朝下），缺口、凹坑、色点、凸起等定位标记位于左侧，这时集成电路左下角的引脚为1脚，自该脚开始逆时针数，依次为1、2、3、4……脚。

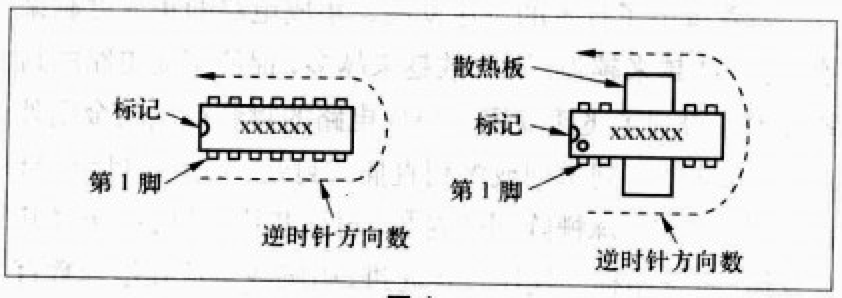


图4

单列或双列直插式封装的特点是，适合在电路板上穿孔安装，易于设计电路板的布线，由于封装体积较大所以安装焊接操作方便。可以插入到配套的DIP专用插座进行安装，也可以直接插入具有相同焊孔数和几何排列的电路板上进行焊接安装。

3.双列扁平式封装（DFP）

双列扁平式封装外形如图5所示，是表面贴装型封装之一。集成电路的引脚分别从封装的两个侧面平行引出，直接贴装焊接在电路板（铜箔面）上，集成电路呈平卧状。双列扁平式封装的引脚间距通常都较小。

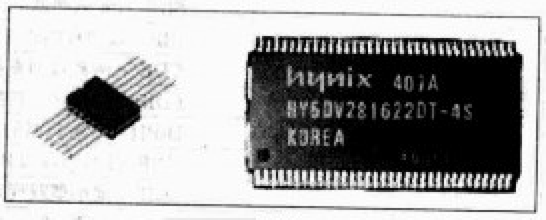


图5

双列扁平式封装引脚的识别方法如图6所示。识别时将集成电路印有商标型号的一面朝上，缺口、凹坑、色点、凸起等定位标记位于左侧，这时集成电路左下角的引脚为1脚，自该脚开始逆时针数，依次为1、2、3、4……脚。

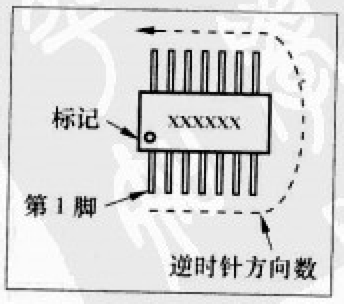


图6

4.四方扁平式封装（QFP）

四方扁平式封装外形如图7所示，也是表面贴装型封装之一。集

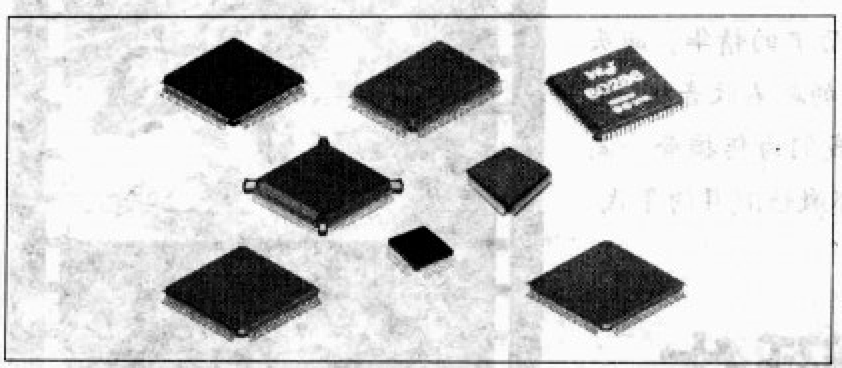


图7

成电路的引脚从封装的四个侧面引出呈L状，安装时直接贴装焊接在电路板（铜箔面）上，集成电路呈平卧状。四方扁平式封装的引脚很细、引脚之间的距离很小，引脚中心间距有1.0mm、0.8mm、0.65mm、0.5mm、0.4mm、0.3mm等多种规格，一般大规模和超大规模集成电路常采用这种封装形式，其引脚数往往可达数百。

扁平式封装的特点是适用于电路板表面安装，封装外形尺寸较小，寄生参数减小，适合高频应用，操作方便，可靠性高。

由于四方扁平式封装的引脚细小，为了防止引脚变形，出现了一些改进的封装品种。如封装的四个角带有护角挡板的四方扁平式封装（BQFP）；带护圈的四方扁平封装（GQFP）；在封装本体里设置测试凸点，放在防止引脚变形的专用夹具里就可进行测试的四方扁平式封装（TQPFP）。此外还有带散热器的四方扁平式封装等。

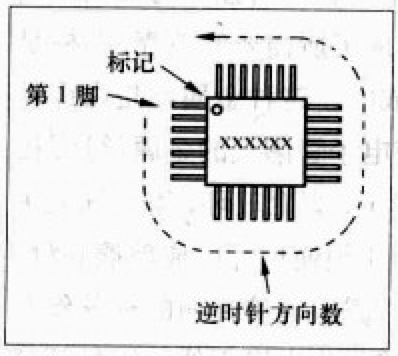


图8

四方扁平式封装引脚的识别方法如图8所示，其定位标记一般为色点、凹坑、小孔、特形引脚或短脚等。识别时面对集成电路印有商标的正面，并使其定位标记位于左上角或上方，从定位标记开始按逆时针方向数，依次为1、2、3、4……脚。

5.针式栅格阵列封装（PGA）

针式栅格阵列封装简称PGA封装，也叫插针网格阵列封装，外形如图9所示，属于插装型封装之一，其底面的插针式垂直引脚呈阵列状排列，引脚中心间距通常为2.54mm，引脚数可从数十到数百。PGA封装基材基本上都采用多层陶瓷基板，在未专门表示出材料名称的情况下，多数为陶瓷PGA（CPGA），也有塑料PGA（PPGA），主要应用于CPU等高速超大规模集成电路。

此外还有引脚中心间距为1.27mm 的短引脚表面贴装型针栅阵列封装（碰焊PGA）、微型针栅阵列封装（mPGA）、反转芯片针栅阵列封装（FC-PGA）、有盖陶瓷针栅阵列封装（CuPGA）等品种。

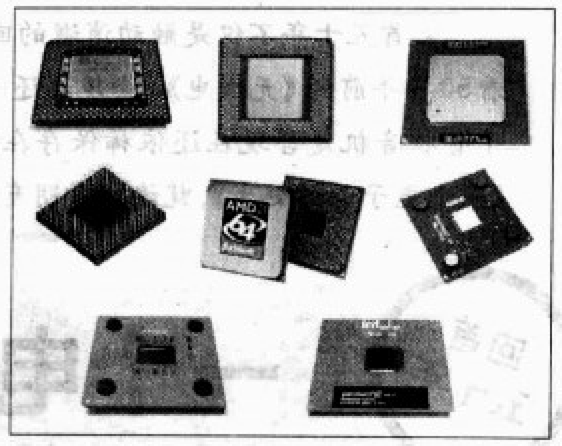


图9

针栅阵列封装集成电路安装时一般插入专门的PGA插座。为了方便针栅阵列封装CPU的安装和拆卸，出现了一种ZIF CPU插座，专门用于PGA封装CPU的安装。

6.球式栅格阵列封装（BGA）

球式栅格阵列封装简称BGA封装，外形如图10所示，属于表面贴装型封装之一。球栅阵列封装（BGA）没有传统意义上的引脚，在其背面按阵列方式制作出金属球形凸点用以代替引脚，引脚数可达数百，是CPU、内存等多引脚超大规模集成电路常用的一种封装形式。

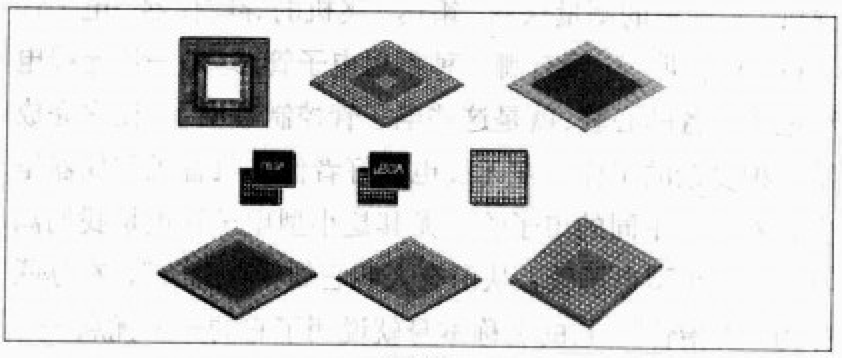


图10

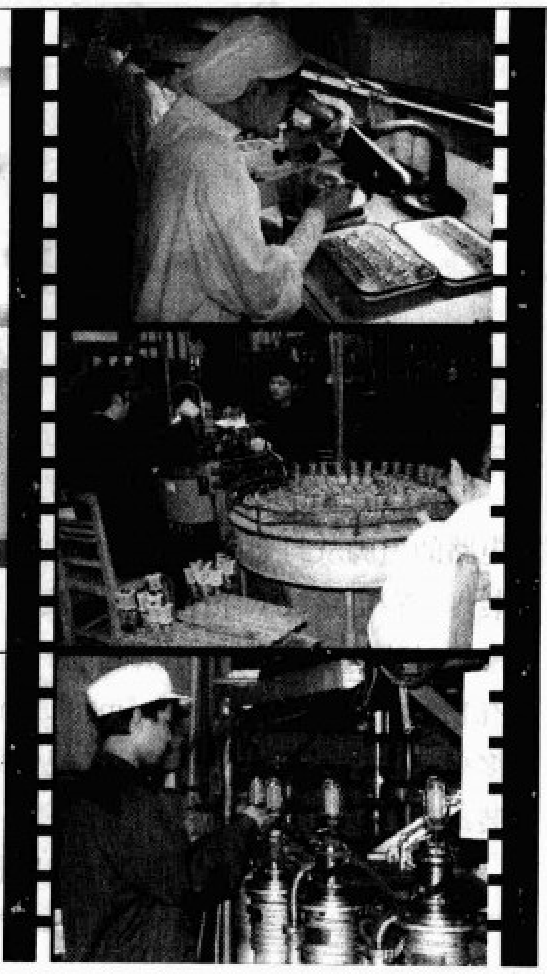
球栅阵列封装（BGA）的体积可以做得比四方扁平封装（QFP）更小。例如，引脚中心间距为1.5mm 的360引脚BGA 仅为31mm 见方；而引脚中心间距为0.5mm 的304 引脚QFP 则为40mm 见方。而且BGA封装不用担心QFP封装那样的引脚变形问题。

球栅阵列封装（BGA）技术的优点是虽然体积缩小且引脚数增多，但引脚间距并未减小反而增大，从而提高了组装成品率和可靠性。由于体积缩小和芯片引出线缩短，使得信号传输延迟、信号衰减以及寄生参数减小，使用频率大大提高，同时电热性能和抗干扰性能也得到进一步改善。

焊接安装和拆卸球栅阵列封装（BGA）集成电路需要专门的工具和设备，安装到电路板上后，集成电路呈平卧状，从正面看不见引脚，如图11所示。

图11

回首五十年不仅是触动消逝的回忆，更是让我们追寻历史的精华。回头看50多年前的《无线电》，您现在还心存感慨吗？当初制作的矿石收音机、电子管收音机是否现在还依稀保存在您的回忆里？下面，我们为您摘登一篇《一个电子管的诞生》，就请读者朋友跟随我们一起去回味那激情澎湃的年代。

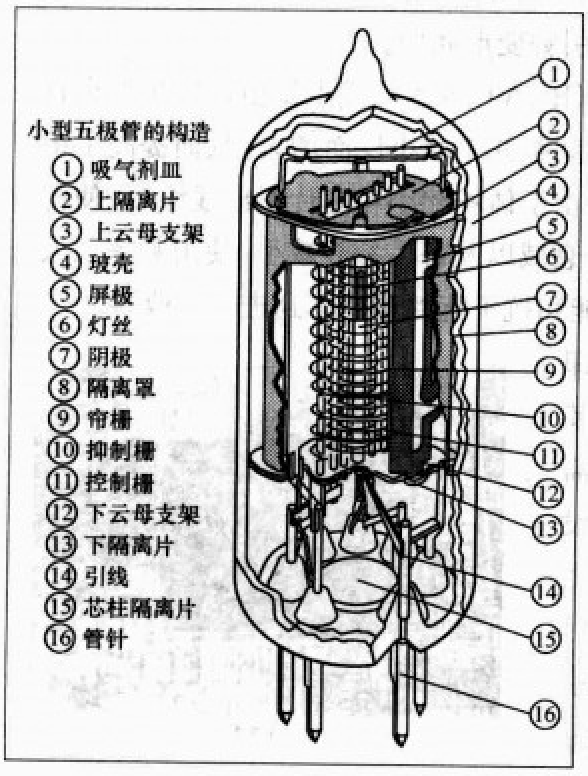


回首五十年

一个电子管的诞生

文/冯崇勋（摘自《无线电》1958年第7期）

走进一个明亮的大厅里，地上几乎看不见一点灰尘，在一排排有玻璃罩的工作台旁，穿着雪白工作服的姑娘们手中在弄着小巧的工具仪器，有的还在用显微镜观察什么，她们在做着比绣花还要精细得多的工作。假若不告诉你，你一定以为这里是微生物研究所或医院的化验室。不，这是电子管厂的工作车间——电子管的诞生地。收音机、广播机、电视机、实验室的测量仪器、雷达、飞机的导航仪器、电子计算机、电疗机……没有哪一种不用电子管。这是一切无线电和电子设备的心脏，就是这些电子管控制着电子，让它完成千万种复杂的工作。在无线电爱好者们的收音机和仪器里也有着各种不同的电子管，尤其是小型电子管更是我们离不了的。小型电子管，从前有人叫它做“花生管”，在苏联称为“姆指管”。它的名称本身就说明了它的一大优点——体积小。此外，它结构牢，特性优良，能抗温、抵湿、防蚀和耐震。因此目前小型电子管在不断地发展中，而且不断地涌现出许多新型的优选管型。这里让我们来看看这种小型电子管是怎样制成的。



一个小型电子管虽然只有姆指那么大，可是在它里面却装有许许多多细微的零件。一个小型电子管里有阳极、阴极、热丝、栅极、云母片、隔离片、隔离罩、玻壳、芯柱和消气剂皿几个部分。这些部分由许多种原料制成，主要的有玻璃，各种金属丝和金属片，绝缘物和许多化学品。这些原材料在制造零件之前，先需要进行一些加工，例如材料表面有油污，需要进行清洁处理，韧性较大的材料需要在氢气炉中进行退火。然后进行加工，按不同要求制成各种零件，经过许多处理、装配、检验工序后才完成一个电子管。

小型电子管，外壳是用玻璃制成的，它先由长条的玻管割切成一小段一小段，然后在自动机上用煤气火头加热分割成两半，并在成型机上使玻壳封闭的一端形成有规则的圆弧，再在玻壳顶端接上一支排气管并用强烈的火焰吹玻壳顶中央至穿孔为止，这样就形成了所需要的玻壳。芯柱是由玻环和七根或九根金属丝组成的，这种金属丝是由镍丝和杜美丝（能与玻璃密封而不使电子管漏气的金属丝）焊接而成，把这些金属丝插在芯柱模上，套上玻环，用煤气火头加热，使玻璃处于半熔化时，用压模使玻环压成玻璃底盘，这时杜美丝已与玻璃封接密闭，露出玻璃外面的杜美丝在以后电子管装架时与各电极焊接作为电极引线。镍丝部分就是小型电子管的管针。这样压制出来的玻璃底盘也就是小型电子管的芯柱，芯柱做成后还要把管内引线弯成需要的形状以便装架。做好的玻壳和芯柱必须放在退火炉中，由高温慢慢地冷却进行退火。以免产生玻璃应力而使玻璃制品炸裂。

电子管的金属零件都是用冲压的方法制成的，例如阳极、隔离罩和隔离片等。所用的材料有镍皮、复铝镍、复铝铁和镀镍铁皮等。在冲制圆柱形的阳极或隔离罩时，可用长条的金属带，送进自动化的万能弯曲机里去，它不但能冲压而且还能形成所需要的形状。另外用来固定各个电极的绝缘物——云母片，也是用冲模冲制的。

栅极是由一种栅丝绕在两根栅极边杆上构成的，栅丝

的材料有钼丝，镍锰丝和铜合金丝等，栅极边杆材料为镍丝，铜丝以及其他合金丝。绕栅时是在一个像车床一样的绕栅机上进行，两根边杆通过绕栅模时，先用一把切刀使栅极边杆刻出一个凹槽，将栅丝嵌进槽内再用压轮加压力压牢，使栅丝在槽内不致松脱。这样的动作在绕栅机上自动连续进行，得到一长条的栅极，将这一长条的栅极进行检直切断、拆去不需要的栅丝，然后撑一撑矫正形状，再除去表面的油污，形成清洁的有一定形状的栅极。

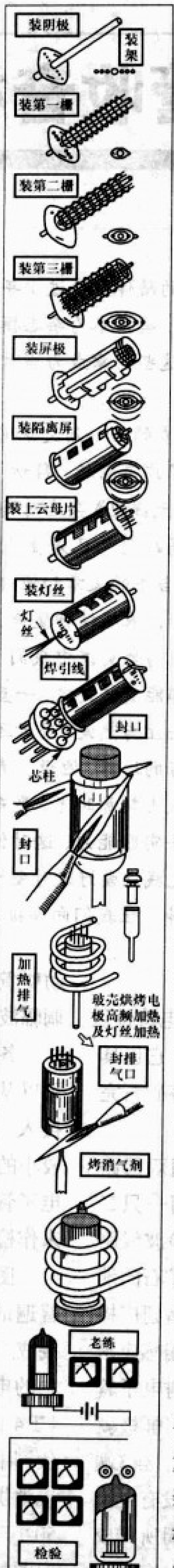
上面所提到的几种金属零件，例如阳极、隔离罩、栅极等，除了清洁处理以外，还需要进行"烧氢处理"，这就是把金属零件放进氢气炉中，通氢气并加高温，使得零件表面的杂质烧除掉并且使零件表面的氧化层还原，另外在高温烧氢的时候，零件内部所吸收的大量气体全部都会放出来，并由氢气所代替，以后把零件装进管子里排气时比较方便，因为金属零件所吸收的氢气很容易用高频加热的方法排除，所以烧氢处理又可以称为预排气。

阴极是用无缝镍管做阴极套管，经清洁处理后喷上一层粉。这种喷粉是由三元碳酸盐（碳酸锶、碳酸钡、碳酸钙）或者二元碳酸盐（碳酸锶、碳酸钡）加上粘合剂和溶剂均匀混合而成。这层粉将在排气过程中分解成氧化物，这就是所谓"氧化物阴极"。

阴极套管里的热丝是用钨丝做成的，一盘盘的钨丝拉成后，先放在热丝成形机上自动地折叠成一定形状，随后用电泳的方法将已成形的热丝涂上一层绝缘层。这种绝缘层是用纯氧化铝粉和粘合剂混匀制成的，热丝涂了氧化铝绝缘层以后，就加强了热丝与阴极之间的绝缘性能，使电子管在工作时热丝与阴极之间不会发生短路或漏电。

经过上面各种工序把零件准备好以后，就开始进入了电子管的装配工序。首先就是进行装架，把各种零件装合起来。步骤是：先把阴极装在下云母片上，并顺序的装上第一栅极、第二栅极、第三栅极、阳极和隔离罩，然后把上云母片装上，并套上热丝，用小型电焊机把各个电极和支持杆焊接到芯柱上。有些电子管在上云母片上面和下云母片下面还要装上隔离片，这些零件也在点焊时一起焊接。装架好的管芯，用蒸馏水清洗并烘干，再将消气剂皿焊到管芯上端，随后把管芯套进已清洁处理的玻壳里面。

套好玻壳的管芯立即放到自动封口机上，用煤气火头加热使玻壳下端和芯柱的边缘熔化封接在一起。在封接时，要把氮气经过排气管通入管芯里去，



防止管芯因温度升高而氧化，封口以后，把它放入退火炉中再进行退火，使玻璃不会炸裂，退火后把它插在自动排气机上进行排气。排气时先把电子管进入烘箱中烘烤玻壳，使玻壳所吸收的气体放出来，并把它抽掉，然后用高频加热的方法使管内金属零件处于高温状态，并且使得金属零件内部的气体驱出去，同时在排气过程中，电子管的灯丝加上电压，使阴极在真空中被加热到1000℃以上，这时阴极套管上的碳酸盐层就分解成氧化物，并放出二氧化碳。所有这些放出来的气体，随即被高速的真空泵抽掉，并达到一定的真空度以后，再把排气管封闭而取下。把取下的电子管用高频加热的方法使消气剂加热分解，使它蒸发到玻壳顶端的内壁上，形成一层镜面，它能吸收管内残余气体，使管内的气体压力降低到10～5cm水银柱以下。

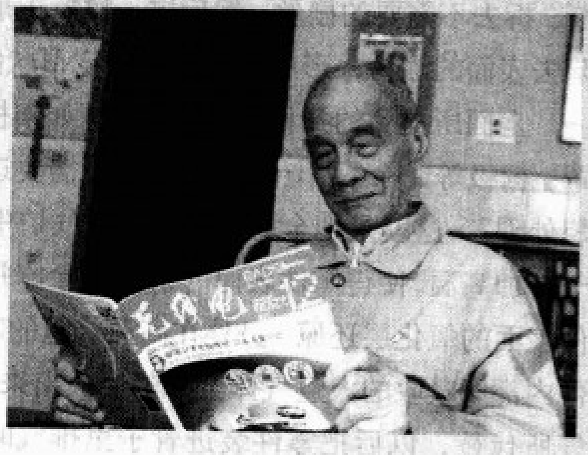
排气以后的电子管，其阴极的放射性能还很差，因此必须经过"老练"这一道工序，"老练"时，在短时间内加上较高的灯丝电压，并在其他各电极上加正电压通电流，"老练"的目的是使阴极获得充分的分解，来增加和稳定阴极的放射性能，而且各电极通电流后，由于电子轰击使吸附在各电极的气体再放出来，由消气剂吸收掉，管内的真空度达到极高的程度。

电子管经过老练后，要进行生产检验，检验好的合格品被送到成品暂存仓库中，一般暂存时间为五天到十天左右，以便考验这些电子管是否有慢性漏气的毛病，然后进行出厂检验，这两次检验的内容都一样，可分为两部分：在电气测试方面有灯丝电流、阳极电流、帘栅电流、反栅电流、跨导输出功率等。在机械方面是检验外廓尺寸，电极牢固性，以及玻壳的完整性等，此外还要定期抽取一些电子管进行寿命试验和例行试验。寿命试验是在正常工作条件下进行的，例行试验包括高温、低温、潮湿等环境试验、管针强度试验以及其他特殊试验。到这里一个电子管就诞生了，以后它将凭着它具有的优良性能在各种工作中担任各种不同的角色发挥极大的作用。

国产小型电子管（如国营北京电子管厂生产的各型号的小型电子管）都是经过上面所讲到的许多复杂的工艺过程，由精确地制造零件，经过细致的装架和加工处理过程，最后通过严格的检验认为合格以后才准出厂，因此电子管的质量就获得了有力的保证。

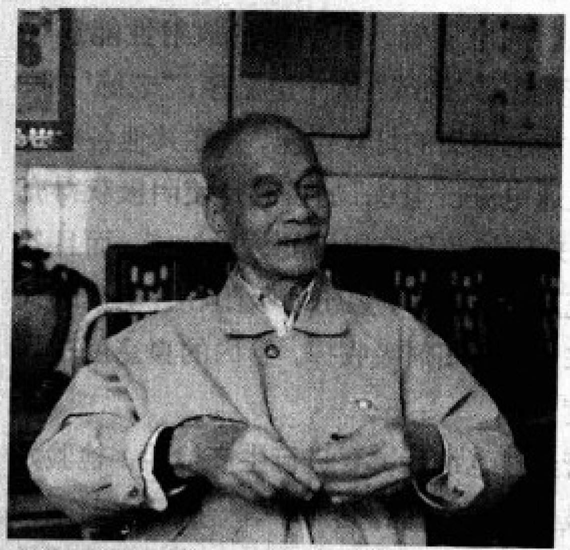
单管收音机-1

文/冯报本（摘自《无线电》1957年第3期）



提起“冯报本”这个名字，很多在《无线电》的陪伴下度过少年和青年时代的老读者都很熟悉，作为《无线电》杂志的作者，冯报本为杂志撰写的文章把他们带入了无线电的大门，《无线电》杂志上的这些文章成为当时普及无线电技术的范文。

2007年12月，距冯报本先生在《无线电》上发表的第一篇文章《单管收音机》整50年之际，我刊主编黄彤等一行3人来到了广东顺德，拜访了冯老，向他带去了新老《无线电》读者的问候，也带去了《无线电》杂志对冯老的感谢和崇高敬意。已是耋耄之年的他，提起当年的文章和他自己的无线电爱好，依然精神矍铄、思维敏捷、记忆清晰。



从与冯老交谈中我们了解到，尽管经历了几十年的风雨历程，其间的坎坷波折他都能淡然处之，一直以平和的心态来面对生活，并依然保持着对无线电技术的关注与热爱，冯老还一直关心着无线电的读者，尤其关注对青少年读者兴趣爱好的培养，他说：青少年应该积极学习计算机和电子技术知识，不要在网络游戏上耗费时光，要充分利用当今电子技术发展的良好环境，提高电子技术的动手实践能力，这对他们的成长非常有益。从冯老身上，我们看到的是老一辈的无线电爱好者对爱好的执着追求以及将自己的所学毫无保留地与读者共享的精神。让我们向冯报本这样的作者表示崇高的敬意！

1.用矿石收音机改造单管收音机

矿石收音机的检波作用是利用矿石的单向导电特性。在电子管内灯丝发射的电子是永远流向屏极去的，它也具有这种“单向导电特性”。因此，也可以用它来代替矿石完成检波工作。

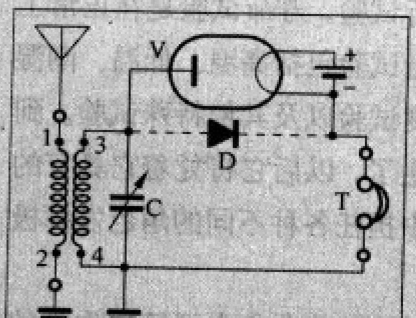


图1

图1就是在普通双回路的矿石收音机上，用一只二极管V代替矿石的检波线路（虚线是表示原来接矿石的地方）。当调谐回路调谐到广播电台，在次级线圈3端感应出的电压为正时，加到电子管屏极的电压也是正，屏极就吸收灯丝放射的电子，整个检波回路里有电流通过，当3端为负时，屏极上的电压也变负，拒斥电子，回路里没有电流通过。于是听筒里流过的只能是电波的各个正半周所构成的一连串的脉动直流电。如果输入的信号是调幅波，它就推动听筒的振动片发出与调幅波形相应的声音。

各种矿石收音机都可以从图1把矿石取去，换入一个灯丝消耗电力较小的二极管（或用其他电子管并联成的二极管）来作检波器。

图2甲是把用得比较普遍的省电花生管1T4接成二极管，来代替图1中的电子管的一个例子。1T4的灯丝电压是1.4伏，用一节手电筒用的干电池供电，大约可以工作50小时。在可以利用交流电源的城镇，采用图2乙

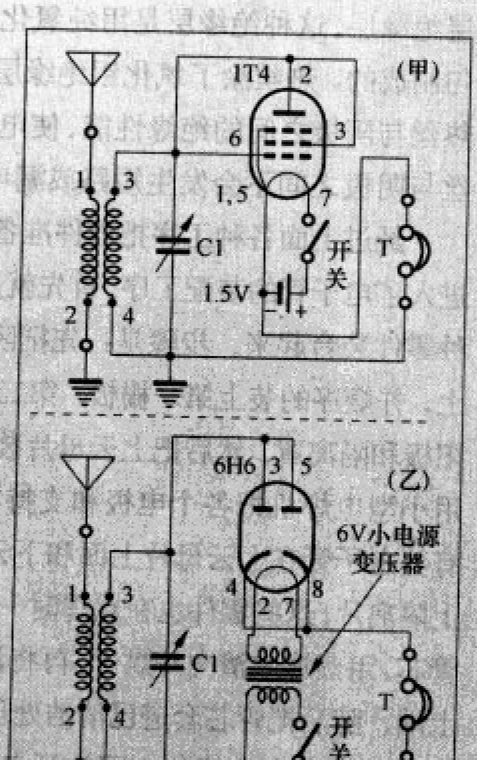


图2

的线路就更为经济。图中用的是双二极管6H6，它的灯丝电压是6.3伏，也可以用6X5或6X6C等电子管。

二极管检波比矿石稳定，不过，它和矿石机一样，仍然没有把声音放大的能力，所以声音大小也只能和最好的矿石机相比，选择性和灵敏度也不会增加；而且它的缺点是还要消耗一点电力，因此不合实用。

2.电子管检波

实用的单管收音机采用三极管或五极管，它不仅有检波作用，而且还能把声音放大。收程的遥远和分隔电台的能力，以及音量的响亮等方面，矿石机是不能和它相比的。

单管机的检波方式，通常采用屏极检波或栅极检波。

(1)屏极检波 屏极检波的特点是在栅极回路里串联一个丙电池（图3），使栅极带着一个一定大小的负电压（以将要切断屏流为度）。当调谐回路的信号电压加到栅极的时候，信号电压和线路里加接的负电压发生作用，它们正负相消，栅偏压变小，屏回路里出现了和输入信号的波形相应，但变动的幅度要大得多的屏流；负半周时它们又彼此相加，栅极变得更负，屏流全被切断。电子管把外来信号的负半周削掉，只让正半周通过，并使屏回路里产生比外来信号大得多的一连串的脉动直流电，完成了检波和放大的双重作用。屏回路里的固定电容器C2是使检波后残余的高频电流旁路，不让它夹杂在听筒的音频电流之内。

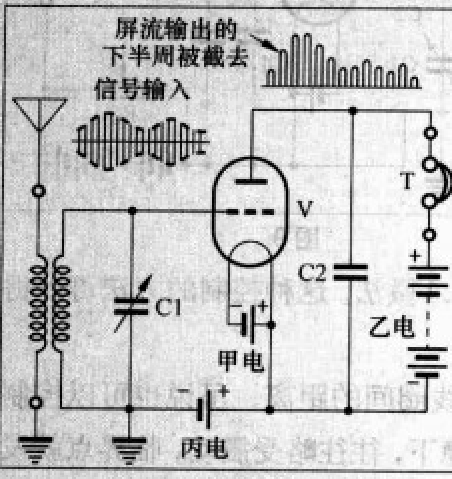


图3

屏极检波不产生栅极电流，不会成为调谐回路的负荷而影响调谐质量和音质；不过，它对于微弱的信号不够灵敏，在需要尽可能提高灵敏度的单管收音机里采用这种检波方法，并不适当。

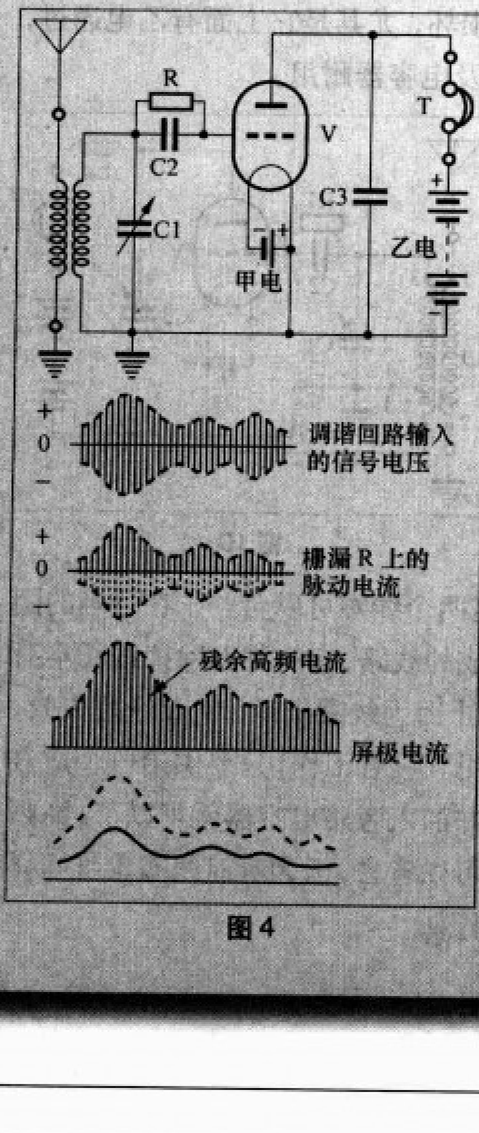


图4

(2)栅极检波 图4是栅极检波的线路，它是在栅极回路里进行检波的。当调谐回路调整到收到电台信号的时候，这个信号电压就加到栅极（通过栅极电容器C2）和灯丝之间。当输入到栅极的信号电压在正半周时，栅极吸收电子，为了不让这些电子积存在栅极上阻塞屏流，所以接入一个栅漏电阻R加以宣泄，使积存在栅极上的电子经过调谐线圈返回灯丝，完成栅极电流的回路。因此，R上就产生一个脉动直流的电压降。负半周时，栅极带负电压，拒斥电子，没有这些作用。这样就在栅极回路里完成了检波作用。同时，屏极电流是随着栅极上的信号电压的变化而变化的，因而屏流的波形完全和输入信号的半波波形相同，不过比例要大得多。

栅极检波实际上是先在栅极回路里作二极检波，然后在屏回路进行放大。

栅极检波比较灵敏，只要输入信号能够在栅极上作用就能工作；但是检波时有栅流产生，不可避免地要在调谐线圈上产生一点电压降（线圈本身具有直流电阻），因而影响了调谐质量和音质，不过这点影响极微，所以这种检波方式常被采用。

3.什么叫再生式收音机

把检波后残余的高频电流回授到栅极回路上，可以增加检波的电能，收音质量就可大为改进。采用这种方法的收音机我们叫做“再生式收音机”。在简单的收音机中，它最受欢迎。

再生式收音机的典型线路见图5，在栅极检波的回路上，加进一个再生线圈L3。L3和调谐线圈L2靠得很近，绕线的方向也相同。当检波后的残余高频电流经过L3时，它所产生的电磁场会波及到L2，使L2产生感应电压，这样检波回路里的电能增加了，引起了较大的屏流变化；屏流增大后，L3上的磁场加强，反过来再影响栅极回路，促使屏流再增。这样相互作用的结果，屏流将会无限地增高，引起振荡[事实上由于线路上的损失和电子管构造的限制，振荡电流（屏流）到一定程度后，就不再继续增大]。这种使屏流增加的回授作用，也叫做再生作用。

再生作用所引起的振荡频率在音频范围以内，是一种尖锐的叫啸声。再生式收音机只有在振荡将起未起的一点上（叫做再生力的“临界点”），才能收到宏亮清晰的播音声，这时收音机的灵敏度和选择性最好，对于微弱的信号，有很大的放

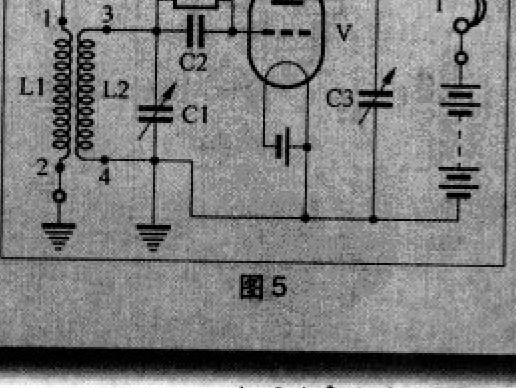


图5

大能力。

4.再生力的控制

再生作用或叫做再生力的调节如果过于强烈，会引起振荡，听到的全是叫啸声。再生力的大小与收听电台频率的高低有关，不可能把它固定住，因此还要能够随意控制，才能有良好的收音成绩。

增减再生力的大小，由下面三个因素决定：①再生线圈的圈数愈多，再生力愈大，反之，再生力愈弱。②再生线圈和调谐线圈的距离愈近，再生力愈强，反之，就愈弱。③乙电压高，再生力强（甲电压也有同等现象，但增加甲电电压会严重地影响电子管的寿命），乙电压低，再生力弱。不过电压增加的程度不能超过电子管的额定值。

控制再生力的方法实用上有下列几种。将高频电流的旁路电容器C3用一个可变式的（见图5），当C3旋到容量最大时，通过再生线圈的高频电流在C3上旁路的最多，再生力就愈强，C3旋到容量较小的地方，通过的高频电流较少，再生力也就减弱。这样，变更C3的容量，再生力就随着变化。我们把C3叫做“再生电容器”，它的电容量从0.0001～0.0005微法。L4是高频扼流圈，电感量一般是2.5～10毫亨，它的作用是阻塞高频电路，不让它进入听筒。

用电容器控制再生的方式，也可以接成如图6的线路，把高频和低频的回路分开，由于L4的作用，高频电流被迫从C8通过，低频电流仍通过L4，推动听筒发声。

这两种用电容器控制再生力的方法，效率大致相同。

在再生线圈的两端并联一个电位器，也可以用来控制再生力，线路见图7。变动电位器R2旋臂的位置，来增多或减少在它上面通过的高频电流，再生力就受到控制。R2的阻值，通常是1万欧。

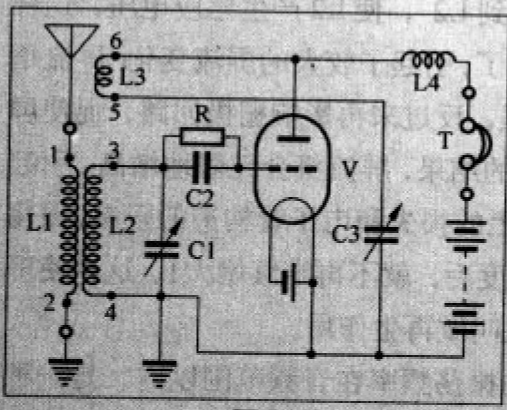


图6

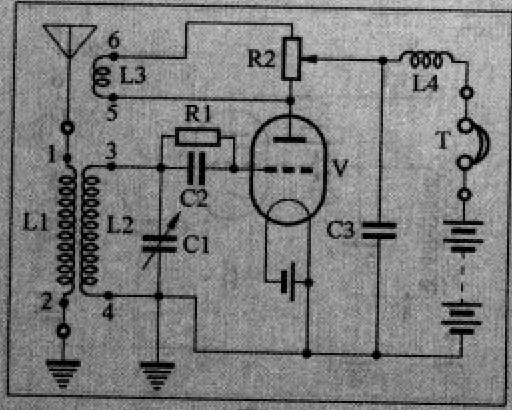


图7

增减屏极电压来控制再生力也是可行的，如图8是在屏极回路里接入一个电位器R2。改变R2的阻值，就能改变屏极上的电压，再生力也随之增减。这种控制方法，是在电子管内部使电子受到屏极电压的影响而改变了再生的强弱，效果也很良好，R2的阻值，一般是用5万到10万欧。

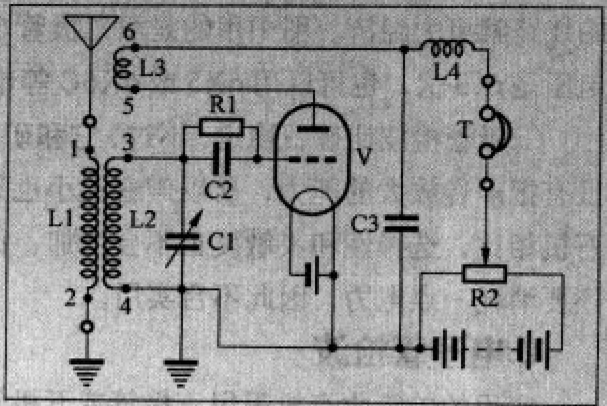


图8

如果用五极管检波，那么增减它的帘栅极电压效果和增减屏压一样，也能够控制再生力，如图9所示。图中的电位器R2是再生力控制器，阻值5～10万欧。C4是旁路电容器，它把帘栅极上的高频电压旁路，还起着平滑电流的作用，电容量0.05～0.1微法。这种控制的方法可以得到比较平稳的再生力。

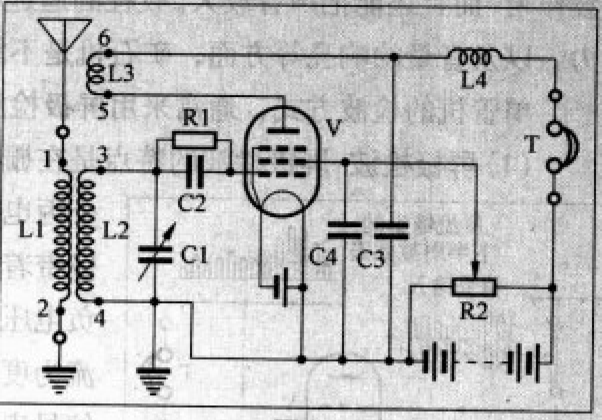


图9

改变再生线圈和次级线圈间的距离，虽说也可以控制再生力，可是调节时很难稳下，往往略受震动，临界点就发生变化。从前虽曾流行一时，但现在已很少用了。

上面几种控制再生力的方法，以用可变电容器作为再生控制器的最为流行，原因是再生电容器的机械性能比较好，经常旋动也不致损坏，用电位器控制再生力，由于旋臂和炭粉面经常摩擦，容易损坏，尤其是它上面有乙电通过，还会烧毁，效率虽好，不及电容器耐用。

另外，我们还谈一下抽头式再生线圈。电子管的乙电流都要经过灯丝回到乙－，所以只要在高频电流返回灯丝的回路里串入再生线圈，同样能产生回授作用。图10里线圈L2和L3都有一个接头通乙－（地），因此，这两个线圈可以合并，在适当的圈数上抽头。用这种线圈接成的线路，它的优点除掉线圈本身的绕制线圈外，还可以防止因为线圈接错，使收音机失效。

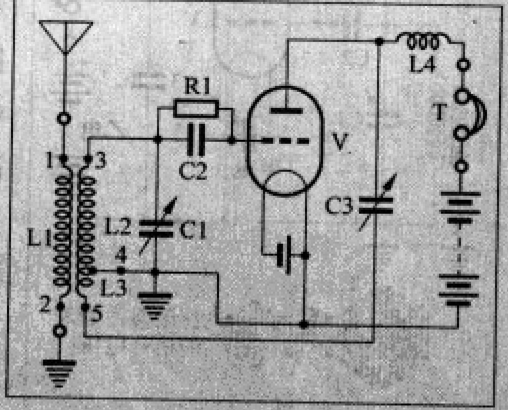


图10

上面各种线路，都可用五极管工作，只要供给一个适宜的正电压给它的帘栅极，并加入旁路电容器就可以了。高频扼流圈如果没有现成的，可以省去，因为听筒线圈本身同样具有扼制高频电流的作用。

回忆红军电台

文/黎东汉（摘自《无线电》1959年第5期）

1935年10月，红二方面军在贺龙司令员，任弼时政委的领导下，率起北上抗日的旗帜，开始长征。红十八师留在湘鄂川黔坚持斗争。我奉命由二方面军司令部调到十八师当电台队长。敌人有60多个团紧紧地包围我们师，上级决定向湘鄂边境转移。紧张的战斗开始了。

我们的电台是一部5瓦的小型电台，全师只有这一部，所以专门派一个战斗班来保护它。电台是由力气大的几个战士轮换着担的，担着时都小心翼翼的，深怕碰坏了一点什么。我们是经常跟着师的直属队走的，有时是在后方。但敌人往往又从后面来打我们，所以有时也成了前方。因此，我不但要搞电台工作，还要指挥打仗。

我们的电台笨重得很，在突破封锁时，我们时常落后，翻山越岭也比人家慢。我们突破一层敌人包围，又有一道封锁。这样，每天总要打几仗。这时正在突破封锁线，因而也不和中央红军联系，电台唯一的任务，就是如何保存下来，准备突破封锁后使用。

在离来凤城不远的地方，有一道河。我们几次想渡过，但因敌人封锁得很紧，无法过去，只好绕山头改道。这时师长和我们电台班在一块走，前面队伍刚过去，侧面又来了一个排的敌人。我们电台笨重，走不快。师长这时掏出枪来，就和我们一起边打边走。毕竟敌人比我们走得快，当我们上了一个小山头的时候，敌人冲上来了，和我们混杂在一起。要不是我们有小红星的帽徽，简直就识别不清了。敌人这时大喊："捉师长！"这时师长很机警，带领着电台的同志向山下滚去。担电台的小张，用两手紧抱着电台，也向山下滚去。虽然山上石头把他碰得遍身是伤，但他仍把电台抱住不放。我们爬上了另一山头，后面自己的队伍也上来了，总算突破了这个紧张侧击。

前面同志们看到我们来了，都高兴得不得了。有的说："电台来了，我们可以和军团部联络了！"还有的说："这下我们就可以打胜仗了！""我们可以会合主力了！"他们是多么渴望着能够听到二方面军的消息！多么希望打几个大胜仗呀！而我呢，就更感到自己的担子很重。我心里已经在暗暗着急，因为电台经过这些战斗，从山上滚下来，很可能损坏了。到了宿营地，已经是深夜了，我打开了机器，收发报机都有严重的损坏，没有声音，发报机调整不起来。大家都静静的一声不响的看着我，我和大家一样，心里都很着急。我把这情况告诉了师长。师长说，"要修理，不能再等下去，没有军团部和方面军的命令，明天的行动就没法解决，我们等于是个瞎子。"

虽然敌人现在离我们只有八里路，我还是决定把机器拆卸开来修理。

等我把收报机拆开一看，有个电子管的屏极、栅极和灯丝都震歪了；有的管座也打成两半个。而我的工具和零件大都丢失了，简直可以说是无法修理。我的心里确有些发慌。但我们必须坚决、大胆地克服一切困难，因为全师的同志都在望着我，都好像在说："你一定要修好！"我还想起任弼时政委当时交给我电台任务时曾对我说过："这是党交给你的工作，你应当坚决地担负起来。"我终于下定决心想一切办法试试看。我在老乡家里找了些乱麻，把碎管座绑在一起，换了个电子管，重新整理了线路。试了几次，最后能听到信号了。这时全台同志们多高兴呀！每个人脸上都呈现了喜悦，从师长严肃而又慈祥的眼里也可以看到他在为这事而高兴。

事情只完成了一半，还有发报机也坏了；可变电容器完全碰在一起了。我只好用身上唯一的一把小刀，把它一片片的拨开、整理，这的确是不太容易的。修理后，我一试机器，这时，电表起来了，大家也更高兴了。

整理后的可变电容器，使波长地位有了变动，而我的波长表也丢了。收发报机共用一个开关，也不能校正波长。在这么大的频率范围内，要找个信号的确还是个难事。不过我想，机器都修好了，这最后一关还是有办法的。我就决定，用个死办法：每隔十度就叫一次。这样叫了很久以后，终于叫通了。对方方面军电台的值班员责任心很强，他在找不到我们的时候，就决定从零度到百度来找我们，最后终于在离原来的地位差20度的地方找到我们的信号。

第二天，我们根据命令又开始行军作战了。当我们休息的时候，师长来到我们这里，带了几只鸡鸭。他说："同志们太辛苦啦，你们每天担着笨重的机器，不怕一切困难和牺牲，保护着机器，你们是人民忠实的儿子。这几只鸡鸭只能表示我一点心意。你们收下吧！"我们看到师长这样爱我们，简直激动得说不出一句话来。我感到这就是人民对我们的最高奖赏。（少将黎东汉）（赵希若插图）

编读往来

编者按：相信读者从近几期杂志中都已经切身感受到《无线电》的变化，以下是编者从来信以及网络上摘取的一些朋友对于《无线电》的看法，有表扬，也有批评。我们会认真听取大家提出的意见，不断进取，把《无线电》办得更好，使大家更加喜爱《无线电》。

编辑：

您们好！我是贵刊的一名新读者，江苏海事学院的学生。初次接触贵刊是在两个星期前，那时我刚从校图书馆借完几本单片机应用的教材，然后到电脑类杂志处搜寻与自己专业相关的杂志。偶然间在角落处发现了贵刊，起初并未在意，但当眼睛发现杂志的专题为“单片机”时，便毫不犹豫地拿起翻阅起来。就从那时，我便被贵刊深深吸引住了，从下午一直看到晚上，由于校图书馆杂志不可外借，所以到周末一早便去市区购买贵刊。然而在搜寻了数十个报亭后一无所获，于是便抱着最后的希望去市新华书店看看，令我幸福的是终于在新华书店购到了新一期的《无线电》。稍有遗憾的是《无线电》第11期已无货，最后只好去邮局邮购了一本贵刊第11期。

现在班里的同学在我的推荐下，平时都去图书馆翻阅贵刊，而且今天也帮同学购买了几本第12期的。谢谢《无线电》对我的培养，祝贵刊在新的一年里越办越好！读者越来越多！

读者：冯雷

2007年11期《无线电》杂志焕然一新，丰富多彩，资料全面，很喜欢，希望能增加一张彩页摄影报道国内外先进产品以及前沿技术，还有大家感兴趣的电子产品、元器件或无线电活动，譬如国内的龙芯、国外的四核CPU图片、嫦娥一号图片、一些无线电节活动照片、DIY的骨灰级PC机箱、业余电台、最古老的业余电台照片都是我很想看的，相信大家和我一样看IT类杂志的时候，最想第一眼看到的是PC界的新闻、业界动态，看看又出了哪些新CPU、主板、新技术、新游戏，同样《无线电》也应开辟一页版面来关注我们关心的事物和无线电世界的大事，以增加我们的信心、兴趣，激励大家去奋斗。

由于业余无线电是一项新兴的、相对来说是前所未有的活动，大家对此都很感兴趣，渴望了解学习详细的技术细节，希望杂志能在附加光盘里录制一些HAM通联视频，比如《无线电》杂志业余电台和CRSA电台、国外电台调频、短波等等的通联实况录像，QSL卡片的填写等等，配上伴音字幕，每期做一段，以为HAM活动普及推广。

网友：dhlgm

从2008年起《无线电》杂志也涨价了，这个我相信大家都能正确理解，毕竟现在什么东西都在涨价，《无线电》杂志涨价也在情理之中，既然喜爱无线电这行，这点钱还是舍得掏的，主要针对于业余无线电通信活动，对所参加者有严格限制和资格要求，而电台的购买也不是任何一个无线电爱好者可像购买电子元器件一样随便可购买到的，而且，在现今手机和电脑如此普遍的时代，又有几个业余无线电爱好者会自己购买一部电台专门用于通信呢？《无线电》杂志从普及无线电及有关电子知识，培养无线电爱好兴趣，推广无线电及新电子技术，培育业余爱好者的动手能力以及家电维修、电脑应用、单片机制作等方面确实起了不少作用。从今年开始《无线电》陆续几期刊登了有关HAM通信的内容，特别是今年第10期竟然刊登了30多页，我认为《无线电》应该保持其自身的特点和传统，不应办成一种四不像的杂志，因有些内容对众多的《无线电》读者来说并不是太适用，我感到各种杂志都应有各自不同的特色，《无线电》也应在坚持自身的特色方面进一步努力和改进，与时俱进，发扬光大，真诚期望把《无线电》办得更好。

网友：sxqxxfy

非常的郁闷，或者说是恼火，《无线电》终于涨价了，可是呢，大家是不是都认了，可是涨价的《无线电》怎么还能登像基础小制作这样的文章呢！我们大家不能花八块钱买本这样的杂志看吧，值吗？不能让我们这些忠实的读者的钱白花了吧！我是今天刚买了《无线电》，才想起到这儿来说两句的，真的很生气！十分的生气！还有就是涨价就涨了呗，还送两只小电阻，怎么啦？让我们感谢你啊！

网友：chineseboyzx

《无线电》编辑部：

您好，随杂志送的恒流电阻收到了，在此特表示感谢！你们的电阻真是雪中送炭，我做了一个小灯使用9V的电池，本来都是用电力不足的电池，后没电了就换了一块新的电池。可是把LED的蓝色发光管给烧了，串联的红色的还好逃过一劫。如用了此电阻就有了保护了，谢谢！

另外，贵刊能否刊载一些新能源的小型的太阳能电池、小型水利风力发电机、在业余无线电的短波八木天线的制作和转向器的结构原理制作方法等内容！

读者：王要武

最近，我认真学习了《无线电》2007年12期光盘中关于笔记本电脑维修的讲座，真是受益无穷。但是，又觉得有些许遗憾，主要是没有相关的笔记本电路图和更具体的维修实例讲解。个人认为，通过这样的讲座，为维修笔记本电脑入门提供了最好的知识和思路，但与实际维修还相隔一定的距离。故希望贵刊在这方面能提供更详细、深入的知识，以利于想深造、感兴趣的同志们。

陈景龙

“2008年福禄克新春研讨会暨新品发布会”成功举办

文/本刊记者

世界电子测试工具生产、分销和服务的领导者福禄克公司于1月16日在深圳东方银座美爵酒店，1月18日在北京国际会议中心（图1），1月22日在上海光大会展中心成功举办了“2008年福禄克新春研讨会暨新品发布会”并在此次会议中发布了福禄克公司的最新产品：Fluke Ti10/TI25 红外热像仪；Fluke Norma4000/5000功率分析仪（图2）。

此次研讨会内容广泛且主题突出。主要围绕设备预测性维护专题、节能主题、研发与品质检测主题进行。吸引了三地七百多名来自机械工业、电力电工、变频器、能源等领域中从事产品研发和生产的广大工程技术人员积极参与。会议期间，与会者与福禄克的资深技术专家针对当前的热点、重点话题以及实际测量测试应用中遇到的问题进行了深入的交流和探讨。许多领域的专业人士通过此次展会直观深入地了解到了福禄克最新的技术应用及解决方案，并切身感受到了福禄克的先进产品及解决方案给他们的工作带来的快捷与改变。

福禄克公司副总裁Jimmy Hwong先生和Ringo Lai先生分别在大会上强调了福禄克公司立足中国，服务中国的理念，并表示：“福禄克作为全球领先的电子测试公司，始终致力于为本地客户、行业发展创造更多的价值。今年福禄克将此次展会带到深圳、北京、上海，希望借助此次盛会，将全球领先的电子测试测量技术、产品和服务介绍给这些城市及其周边地区的客户，帮助技术人员共同迎接在研发和生产中所遇到的各种挑战，为测试工作排忧解难，使他们获得自己在当今竞争激烈的环境中所必需的、最具价值的测试测量解决方案，从而可以服务于中国乃至全球的市场。”

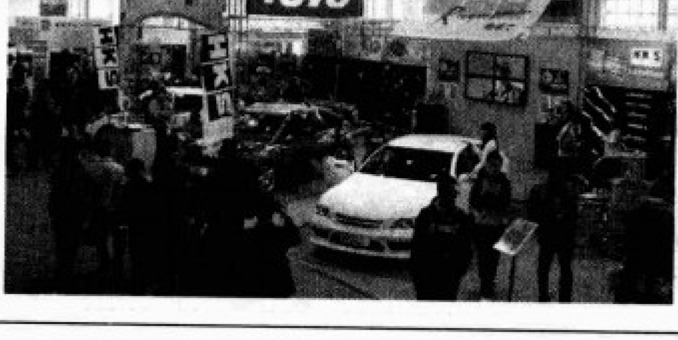
图1

图2

欢迎参加第六届中国国际汽车用品展览会

第六届中国国际汽车用品展览会（CIAACE）将于2008年3月7日至10日在北京全国农业展览馆举办。

本届展会的规模将进一步扩大，国际化程度进一步提高，总展出面积增至40000平方米，新品发布总量将超过2000种，汽车电子类产品展出面积将超过7000平方米，将有超过50个GPS品牌亮相展会，汽车影音企业数量预计增长25%，汽车安全将继续受到行业关注。在展会上将有400余款汽车电子新产品发布，其中代表行业最先进的汽车电子新品达60余款。在汽车装饰方面，环保产品将成为关注的焦点，汽车装饰新品将以个性、时尚为主流趋势。



而与汽车用品展会同期，将举办“第六届中国国际改装汽车展览会”及“第四届中国国际改装汽车评选大赛”。本界改装车大赛有超过20000辆改装车报名参赛，200辆入围车辆于展会现场展示，欢迎广大车友积极参与。**（本刊讯）**

编者按： 首先感谢读者朋友一直以来对于《无线电》样片赠送活动的支持，很多读者在活动还没有推出时就询问我们下期的活动是什么，表示出了极大的兴趣，不过为了公平起见，还是请大家统一在杂志上看我们发布的活动消息吧。

本期的活动很精彩，分别是由龙鼎微电子提供的50套D类音频发大器芯片PAM8610及其配套开发板和昊宏微电子提供的50片锂电池充电芯片HYM4054的赠送。对其感兴趣的读者，可以通过发送电子邮件至zhangyan@radio.com.cn的方式来申请，来信主题请注明“PAM8610开发板申请”或者“HYM4054样片申请”，并请在信件中注明**姓名、邮编、地址、单位、联系电话和应用设想**，申请截止日期为2008年5月15日，我们会在《无线电》网站（www.radio.com.cn）上及时公布获赠名单。

恒定电流/恒定电压的单节锂离子电池充电器——HYM4054

HYM4054是昊宏微电子推出的一款完整的单节锂离子电池用恒定电流／恒定电压线性充电器，其系列芯片中，HYM4054/HYM4054X带有热调节功能，而HYM4054L可以调节低充电电流。由于采用了ThinSOT封装与较少的外部元件数目，HYM4054非常适合应用在便携式电子产品中。而且，HYM4054是专为在USB电源规范内工作而设计的，可直接从USB端口给单节锂离子电池充电。

HYM4054的可编程充电电流高达800mA，HYM4054L的可编程充电电流范围为10mA～150mA。由于采用了内部MOSFET架构，该系列芯片不需要外部检测电阻器和隔离二极管，其热反馈可在大功率操作或高温下对充电电流进行调节。该产品可以将充电电压固定于4.2V。

当供电电压（交流适配器或USB电源）被停止时，HYM4054会自动进入一个低电流状态，将电池漏电流降至2 μA 以下，并可将HYM4054置于停机模式，从而将供电电流降至25 μA。

该芯片适用于蜂窝电话、PDA、MP3播放机、无线头戴式耳机、锂离子电池充电器以及蓝牙应用中。该芯片详细的性能及功能介绍见本期配刊光盘的相关文件，读者也可到www.haoyu-ic.com上查询。

10W立体声D类音频功率放大器——PAM8610

PAM现场应用工程师 Jason Wang

龙鼎微电子有限公司推出的PAM8610是一片10W（每声道）、无输出LC滤波器并且带有直流音量控制的D类立体声音频功率放大器IC。PAM8610的新一代无滤波器技术实现了低EMI、低失真以及在音频范围内平直的频率响应，这种技术已经申请了美国专利。使用PAM8610的D类音频放大系统不仅节省了输出端的4个电感和4个电容，节省了PCB面积，而且确保了量产时音质的一致性和可靠性。目前，PAM推出了从1W～25W功率等级的D类放大器IC，在中国大陆已经有惠威电声、美之声、奋达音响在批量采购其D类放大器产品。

PAM8610支持全差分输入和单端输入。全差分输入架构大大提高了共模抑制比（CMRR）和纹波抑制比(PSRR)。PAM8610内部有32级的数字音量电位器实现−40dB～+36dB的音量控制，具体的音量大小由Volume引脚的直流电压决定。另外，可供客户选择的FADE模式可以使开机时音量淡入。

PAM8610内部具有完善的短路保护和过热关断功能，为40脚的QFN 6×6封装。在IC底部的导热铜板可以使IC的热量迅速地传导到PCB铜箔并散失到周围环境中。

PAM8610的详细情况可以参阅其电子数据文档，该文档可以在本期配刊光盘上得到。

PAM8610

编者按： D类放大器作为“高效”的代名词越来越受到音频市场的关注，但却总因为其自身局限很难与Hi–Fi相提并论。眼下倒是一个很好的改变观念的机会，作为第4期《无线电》杂志赠送PAM8610开发套件活动的延续，我们请PAM公司的工程师为大家详细介绍PAM8610的特点和设计方法，这样能帮助大家更加清楚地认识D类放大器的性能和特点，“PAM8610开发板申请”请发到zhangyan@radio.com.cn。注明姓名、邮编、地址、单位、联系电话和自己现在使用的器材（整机或者DIY均可）。我们破例把截止日期从5月15日延长到5月31日，之后会在《无线电》网站（www.radio.com.cn）上公布获赠名单。

先进的无滤波D类立体声音频放大器 PAM8610

文/PAM公司 应用工程师 王丰硕

引言：传统的D类音频功率放大器相比传统的线性放大器大大提升了效率，省去了笨重的散热器，受到人们的欢迎。但是，庞大的LC输出滤波器又增加了系统的成本，增大了体积。美国PAM（Power Analog Microelectronics）公司推出的PAM8610是一片10W（每声道）、无输出LC滤波器并且带有直流音量控制的D类立体声音频功率放大器IC。它使用了先进的调制技术，在不使用任何输出滤波器的条件下实现了优秀的音频特性（5 W 输出功率时THD+N=0.08%），达到90%的高效率。本文就PAM8610的功能特性、系统设计方案和测量方法进行一些阐述，并给出了实测结果，希望对相关设计人员和电子爱好者有所帮助。

表1 PAM8610的主要技术参数

技术参数	典型值
输出功率（V_{DD} =15V, R_L=8 Ω THD<1%）	10W
电源电压	7.5V～15V
THD+N （V_{DD}=10V，R_L=8 Ω，P_{OUT}=5W）	0.08%
频率响应（20Hz～20kHz，P_{OUT}=1W）	± 0.2dB
效率(V_{DD} =10V，R_L=8 Ω P_{OUT}=5W)	90%
信噪比(THD+N <0.5%，f=1kHz，增益 =15.6dB)	98dB
振荡频率（R_{OSC}=120k Ω，C_{OSC}=220pF）	250kHz

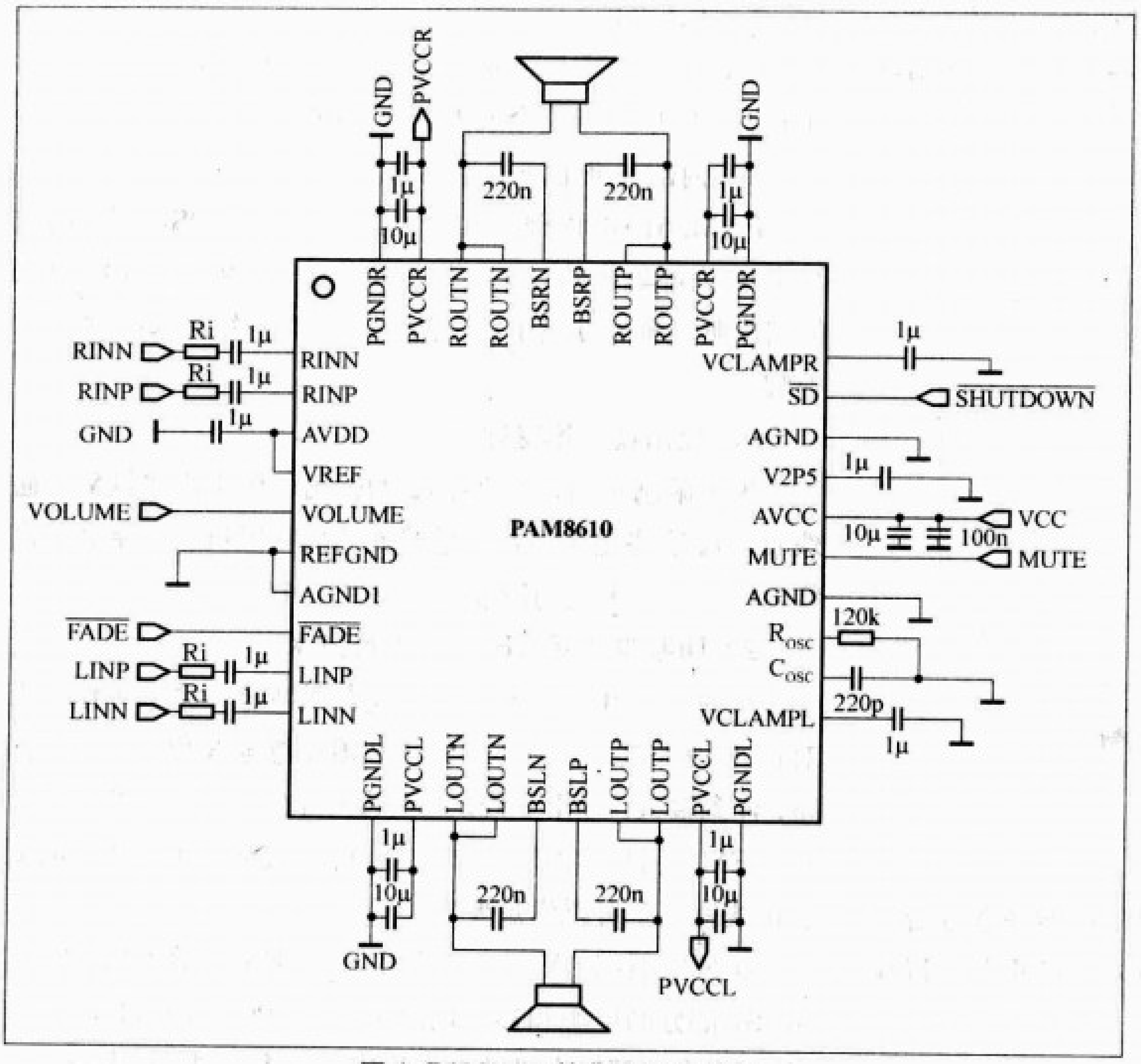


图1 PAM8610的典型应用电路

一、性能指标

PAM8610功能特性介绍以及数据手册已经在本刊2008年第4期有过介绍。图1是其典型应用电路，表1描述了PAM8610的主要技术指标，更多的详细图表可以参阅PAM8610的数据手册。所有的测试数据和图表都在PAM8610的评估板（EVB）上进行。按照AES（Audio Engineering Society）的规定，使用AUX0025滤波器和AP2322音频分析仪进行测量（见图2）。

从测试结果来看，PAM8610的频率响应、信噪比、效率非常优秀。依靠

图 2

全新的电路结构，PAM8610有着优秀的主观听感，毫无生硬刺耳令人不快的声音。PAM8610在12V电源电压、8Ω负载、输出功率5W的时候，对输出波形进行快速傅里叶变换（FFT），可以看到二次谐波失真为−65dB，三次谐波失真−80dB，失真频谱主要是偶次谐波成分。PAM8610这种类似电子管放大器的音频特性，可以得到温暖甜美的音色。同时它采用领先的无滤波调制技术，没有死区时间（Dead time）的约束，可以实现小信号的精确还原。输出级开关动作的次数只有目前流行的无滤波调制方式的一半，EMI(电磁干扰)特性非常优秀，图3是PAM8610 FCC Class B的测试结果。

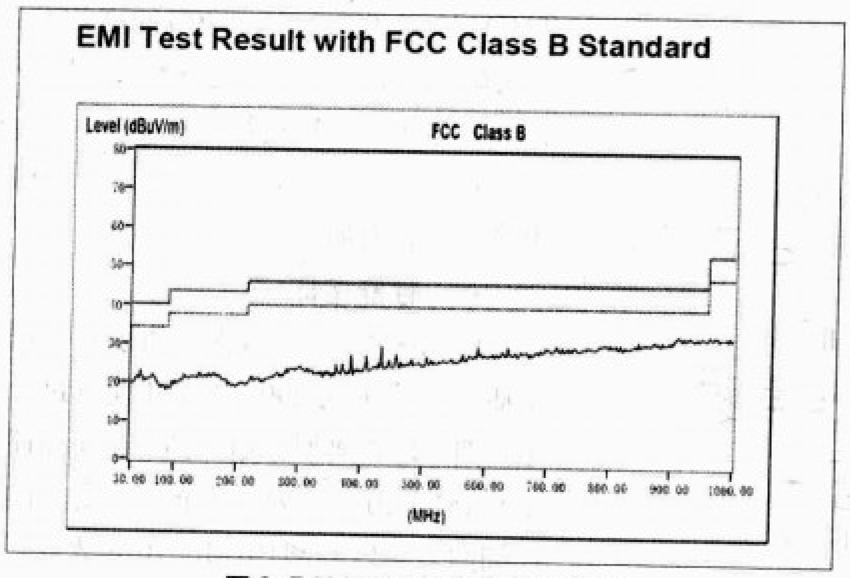


图3 PAM8610的超低EMI特性

二、PAM8610的系统设计方案

1. 外部器件的选择

为了满足器件的设计需求，应该对外部器件进行恰当的选择。通常的设计这里不做讨论，只针对比较重要和特殊的部分做出解释。

(1) 电源退耦电容

D类放大器工作的时候，会以窄脉冲的形式向电源汲取电能。在评估板上，一个大容量、低ESR（等效串联电阻）的电解电容可以快速地补充能量以防止电源电压瞬间跌落。考虑到电解电容在高频时电感效应增加，在IC电源引脚旁边就近放置小容量MLCC（多层陶瓷电容器）电容（10μF和0.1μF并联），以避免这些消极的影响。

(2) BSN和BSP电容

PAM8610的输出级的全H桥全部使用NMOS，必须使用BSN和BSP电容来保证H桥完成开关动作。推荐使用至少220nF的容量和至少25V的耐压。

(3) 输入电阻Ri和输入电容Ci

输入电阻同内部数字电位器一起，共同决定闭环增益。关于输入电阻的取值，在PAM8610的数据手册上有详细的说明。为了提高共模抑制比（CMRR）和电源抑制比（PSRR），尽量确保差动输入端的输入电阻匹配（误差不超过1%）。输入电容和输入电阻串联，组成了一个高通滤波器，低频响应就由这两个元件决定，−3dB转折频率可以由下式得到：$f_i=1/(2\pi C_iR_i)$

为了降低失真，要求输入电容有比较低的交流失真和比较低的损耗，并且保证两个差分输入电容匹配。

(4) C_{OSC}和R_{OSC}

放大器的振荡频率由C_{OSC}和R_{OSC}的乘积共同决定：

$f_{osc}=6.6/(C_{OSC}\times R_{OSC})$

可以在225kHz~275kHz之间选择。如果取R_{OSC}=120kΩ和C_{OSC}=220pF，则整个放大器开关频率约250kHz。

(5) 内部基准电压源退耦电容

PAM8610的内部输入放大器，DVC和OSC部分的电源由IC内部集成的LDO（低压差稳压器）提供。这些LDO的引出脚上推荐使用1μF的退耦电容，并且尽量靠近IC引脚。

(6) 输出铁氧体磁珠

为了限制EMI，需要在IC的输出引脚上串接铁氧体磁珠（FB）。这些磁珠需要有足够低的低频阻抗和尽量高的高频阻抗，能够承受的持续电流要大于4A。

2. 印制电路板（PCB）设计技术

相对于线性放大器，D类放大器高速开关的工作状态对PCB设计提出了严格要求，必须注意地线和电源供给回路，注意输入、输出走线。这些将对系统的音频性能、稳定性和EMI特性产生明显影响。考虑到实际使用，普通的双层布线就完全可以满足要求。

①放大器的AVCC、AGND为内部输入放大器、DVC和OSC部分的电源和参考地；PVCCR、PGNDR及PVCCL、PGNDL为内部输出级的大电流电源和参考地。输出级高速

开关会引起地电平的跳动，同时电源馈线上引入杂讯。最坏的时候，还有可能形成一个环路而辐射噪声。在PCB设计时，必须分离PGND和AGND，以电源主滤波电容的两个引脚作为电源和地的参考点进行星形布线，避免相互通道的干扰。

②布局时，偏置电源AVCC（26脚），右通道电源PVCCR（第32，39脚）和左通道PVCCL（第12，19脚）的滤波电容尽量靠近各自的引脚，使其达到最佳的退耦效果。

③左右声道的电源线和地线分别走线，以提高声道分离度。

④电源和功率地走线要尽量宽大，以减少*IR*(电流×电阻损失)，从而稍微改善放大器的性能。

⑤BSL和BSR电容（第15、16、35和36脚）以最短的线距来连接输出线与IC的引脚。

⑥为了减小EMI干扰，需将输出磁珠及输出EMI限制电容靠近输出端以得到最佳的EMI特性，滤波器所用的电容应当连接到PGND地.

⑦在IC底部的导热铜板可以使IC的热量迅速地传导到PCB铜箔并散失到周围环境中。为了能把大功率芯片中的热量尽可能地散发出来，所用PCB铜皮的厚度必须大于0.035mm。同时必须尽可能利用正反两层PCB的铜皮来散热。为了把热传导到反面的PCB铜皮上，必须在芯片正下方钻几个通孔，通常为9个或16个，通孔的沉铜要足够厚。同时，反面铜皮上不应有绝缘漆，还要全部敷上焊锡，以利散热。

3. 电源设计

在实验室，评估板使用稳压电源供电。一般来说，D类放大器的电源抑制比（PSRR）比传统线性放大器低，应该尽量保证电源有比较小的纹波。由于PAM8610有90%的高效率，电源储备可以比线性放大器小很多，但是必须要求电源有高速的响应，在这里，高速低串联等效电阻（ESR）的大容量储能电容是必须的。

4. EMI对策

虽然PAM8610有着优异的EMI特性，但是在系统设计中必须充分考虑EMI对策。输出端在某些极端时刻，同扬声器电磁回路可能形成尖峰脉冲，这些尖峰脉冲包含了大量高频的能量。输出引脚上串接铁氧体磁珠（FB），这些磁珠在频率高于1MHz的时候有很高的阻抗，可以避免高频能量辐射到外部。同时，在铁氧体磁珠之后，输出端和地之间跨接小电容（典型值200pF）可以进一步吸收多余的高频能量。在系统结构中，应该尽量减短扬声器到放大器输出端的引线，也可以在引线上加上磁环以取得更好的效果。在某些应用中（例如收音机），可以将PAM8610的放大器部分放在金属屏蔽罩内以获得最佳的EMI特性。

三、PAM8610的测量

直接在PAM8610的输出引脚上看不到真实的信号波形。在实验室，必须使用美国Audio Precision公司的AUX0025滤波器滤除高频调制信号，才可以用音频分析仪对放大器的性能进行计量。AUX0025在20Hz～20kHz有平直的频响和相位曲线，在20kHz后频响曲线急剧的下跌，以滤除高频信号。在图4的实测波形中，通道1和通道3为PAM8610的LOUTP脚和LOUTN脚的输出波形，通道2是经过滤波器AUX0025滤波后用泰克DPO4034示波器观察到的1kHz sine输出信号。

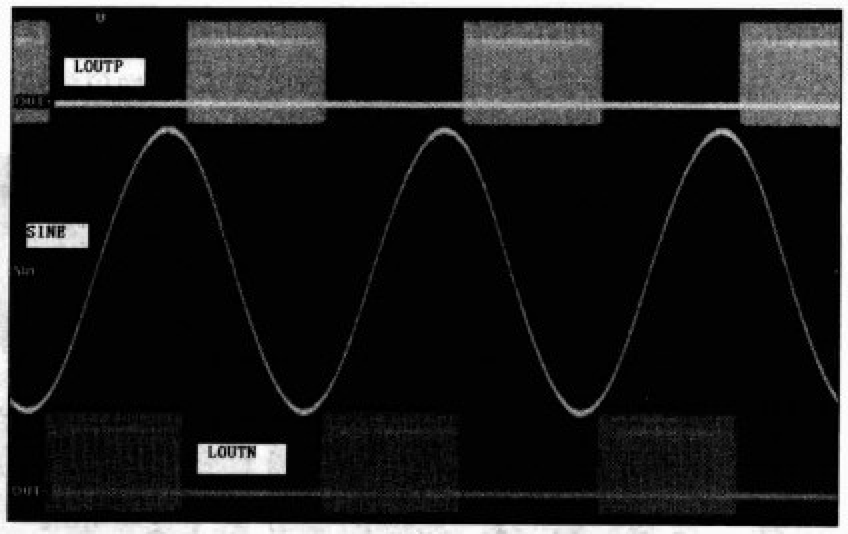


图4

业余条件下，可以使用简单的RC滤波器滤除高频调制信号（见图5）。RLOAD为负载电阻（通常为8Ω），电阻R1和C1组成了一个简单的滤波器。使用数字存储示波器的两个通道在TEST POINT P和TEST POINT N两个测试点上分别可以看到正、负半周的信号，利用MATH功能将两个通道相减，就可以看到放大后的信号波形。

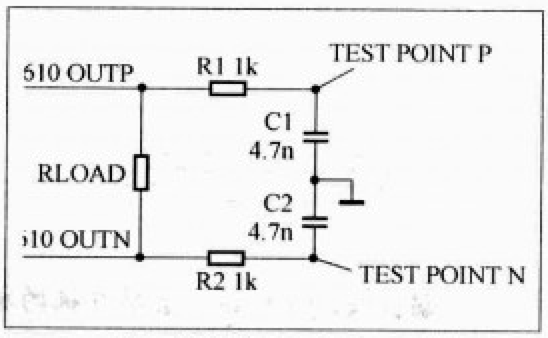


图5 简单的RC滤波器电路

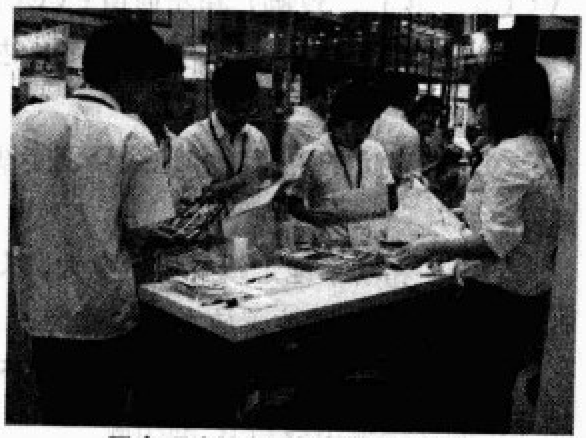
四、PAM8610放大器的制作

考虑到广大电子爱好者实际设计和制作的困难，PAM公司已经和《无线电》杂志社合作，近期提供一定数量的样片以及PCB供免费申请，同时会免费配套部分重要的外围部件，让大家轻松聆听到美妙的PAM8610之声。

美国福禄克公司在第71届春季电子展现场报道

2008年4月11日~4月13日，第71届中国电子展在深圳会展中心举行。这届展会旨为电子行业用户打造一个新技术、新产品一站式出口配套平台。

作为世界电子测试工具生产、分销和服务的领导者，美国福禄克公司在这届展会上也带来了最新的产品：Ti10/25热像仪、flexCam R热像仪、先进的手持式万用表287/289、全新真有效值钳型表317/319、现场故障诊断工具Fluke355 2000A真有效值钳表、随时随地电能质量专家Fluke435电能质量分析仪、Fluke771毫安过程钳表、超强性能和精度的Fluke Norma4000/5000宽频带功率分析仪。并邀请多名产品工程师在现场进行样机演示，模拟现场。热像仪的模拟现场中演示了工作的电路板的应用、热水壶看液位的应用、小家电应用等。演示现场吸引了很多参会者的驻足观看，有不少参会者与产品工程师进行详细咨询。在场地中央还设有产品培训现场体验区，不少参会者排队进行体验。


展会观众在仔细阅读公司资料

展台现场

SHOP产品销售工程师在给客户演示产品

TI销售工程师给客户做现场体验

单片机学习好伴侣
——H05 51微型仿真器

编者按：仿真器对于单片机的初学者来说是必须的，然而面对市场上少则二三百，多则上千元的仿真器，很多对单片机感兴趣的朋友都望而却步。本期杂志，我刊与杭州晶控电子有限公司合作（www.hificat.com），为读者提供50套H05 51仿真器，对此感兴趣的读者，可以通过电子邮件（E—mail：zhangyan@radio.com.cn）的方式来申请，来信主题请注明“H05仿真器套件申请”，并请在信件中注明姓名、邮编、地址、单位、联系电话和应用设想，申请截止日期为2008年7月30日。我们会在《无线电》网站（www.radio.com.cn）上公布获赠名单。

H05 51微型仿真器是杭州晶控电子有限公司推出的一款经济型51仿真器，非常适合单片机初学者及学生朋友学习使用。相信初学单片机或业余做单片机开发的朋友总会有这样的经历：每次都要不断地调试程序，如没有仿真器又不喜欢用软件仿真，就需要多次地将编译好的程序烧到单片机芯片上，然后插在应用电路或目标板上测试程序运行的结果。对于一些小程序来说，要找到程序上的错误花不了多少时间，但是程序一大，复杂度及繁琐度就会大大增加，而直接烧片就变得非常麻烦，每修改一次程序就需要烧录一次芯片，芯片不断地拔插，容易引起单片机引脚的磨损，甚至折断引脚，而且在进行多次烧录后，芯片可能会发生内部损坏的情况，烧录的具体次数依芯片自身情况而定。如果有一台仿真器就会使开发或实验工作变得非常方便，51微型仿真器现已在工厂企业、广大大专院校的产品开发和单片机教学中得到了广泛的应用。

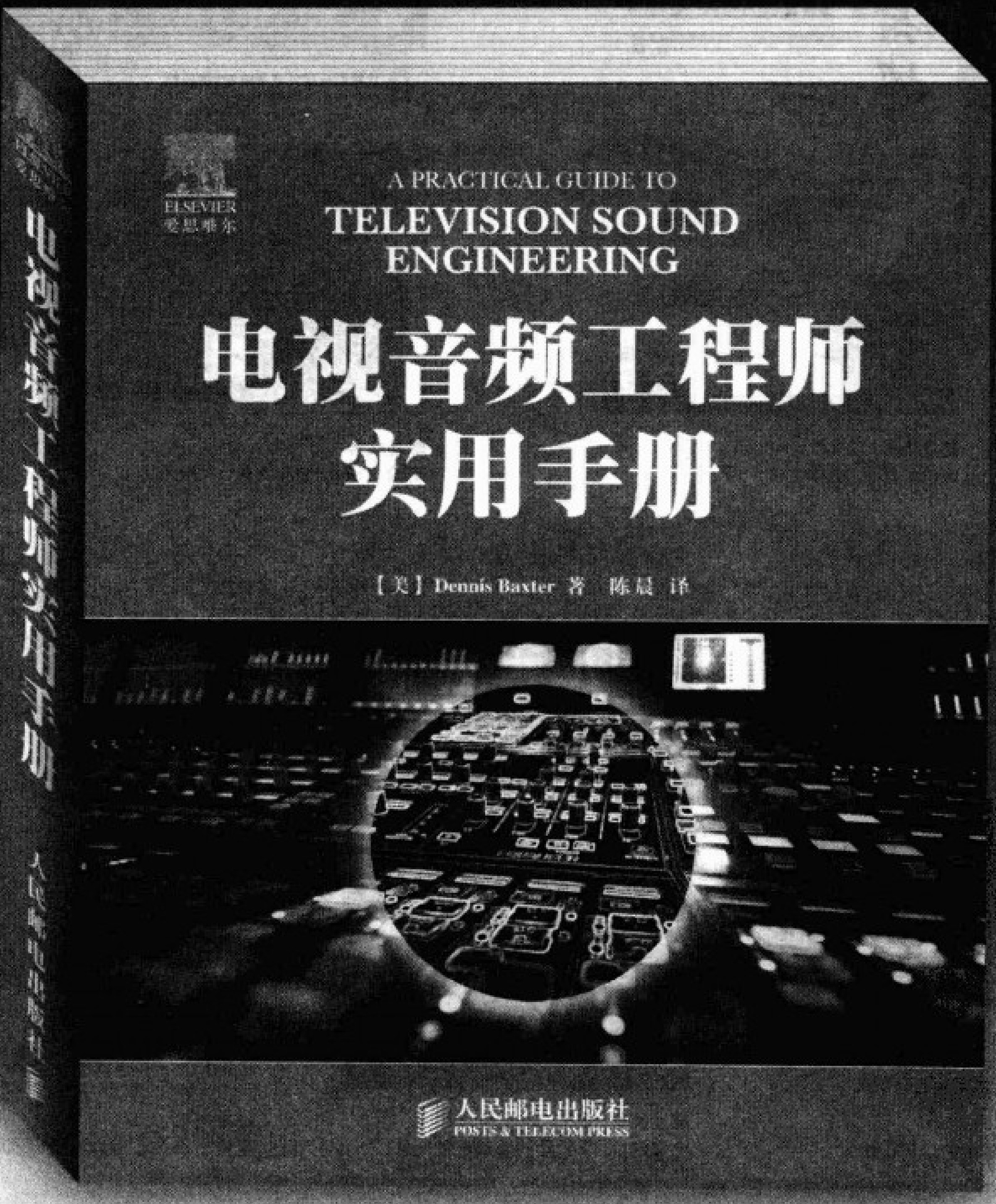
国际声音制作领域里程碑式著作

中文版

1996 亚特兰大、2000 悉尼、2002 盐湖城、2004 雅典、2006 都灵
2008 BOB 声音总设计师 Dennis Baxter 著

BOB 国际公共信号制作中央电视台团队
音频总监 陈晨 译

倾注 30 年亲身实践经验
真正大师级力作



倾力合作
联手推出

书号：18556
定价：180 元
邮购价：180 元

- 全国各大书店有售
- 读者也可汇款至《无线电》编辑部邮购
  - 汇款地址：北京市崇文区夕照寺街 14 号 A 座《无线电》编辑部（100061）
  - 邮购电话：010-67134361
  - E-mail：ygb@radio.com.cn

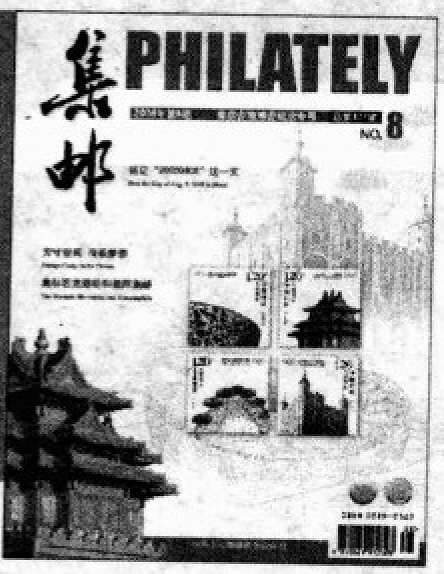
兴趣造就品质
爱好彰显非凡

欢迎订阅

【精品期刊】

资讯权威无价 邮识丰富有趣
图文精彩无限 邮友互动有情

国家期刊奖百种重点期刊
入选中国期刊方阵



邮发代号：2-222
定价：10元 全年定价：120元

发烧音响制作 业余电台通信
开发实验维修 趣味基础入门

国家期刊奖
入选中国期刊方阵

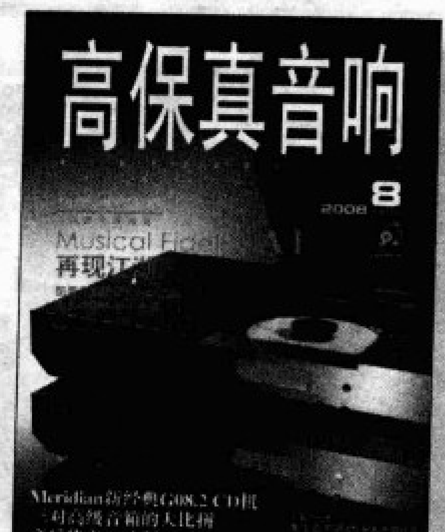
邮发代号：2-75
定价：10元 全年定价：120元

测评酷车新品 纵览赛事尘烟
展示骑士风采 尽显激情生活

全国汽车类期刊一等奖

邮发代号：2-342
定价：15元 全年定价：180元

赏鉴发烧名品 聆听天籁之音
融汇艺术科技 品味时尚生活



邮发代号：82-590 定价：20元
全年定价：240元（每期附赠光盘）

寓学习于兴趣 寓科技于时尚
电脑时代益友 数码生活良伴

入选中国期刊方阵

邮发代号：82-476
定价：16.8元 全年定价：201.6元

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

地址：北京市崇文区夕照寺街14号A座 邮政编码：100061
电话：010-67164806 67133910 http://www.ptpress.com.cn

封面
书名
版权
目录
●音频应用
- Ｈｉ－Ｆｉ　ＤＩＹ　ＣＤ转盘装机日记＆都学宁
- 用ＬＭＥ４９８１０打造胆石功放＆吴红奎
- 自制电子分频器＆廖国思
- 小知识有源滤波器＆薛国雄（网名“小鬼头”）
- 用ＬＭＥ４９８１０打造胆石功放（续）＆吴红奎
- 资料东芝点稳压集成电路一览＆汤志成
- 自制６Ｊ８Ｐ＋６Ｖ６ＧＴ单端甲类胆机＆汪文军安石
- 新型音频大功率放大器驱动级集成电路ＬＭＥ４９８１１／ＬＭＥ４９８３０＆吴红奎
- 自制电子二胡＆陈文启
- 胆机制作专题
  - 电子管特性曲线图的应用＆安石
  - 优美的音质源于宽频带电压放大器——记一款优质胆前级的制作＆安石
  - ３００Ｂ单端甲类胆机的设计方案＆安石
  - 如何给Ｈｉ－Ｆｉ胆机设计电源电路＆安石
  - 多声道功放的设计及制作＆陈金瓶
  - 我制作的模块式功率放大器Ｍ２＆张伟梁　　吴润照
  - 一款无环路反馈甲类功放的制作＆高学锋
  - 非互补式全对称ＯＣＬ功放的制作＆安玉景
  - 经典准互补功放电路制作＆杨帆
  - 优秀全互补功放电路剖析与制作＆吴根清
- 胆机制作专题（续）
  - 浅谈音频输出变压器的设计与制作＆安石
  - 国半高性能音频ＩＣ的应用＆杨宇洸
  - 奥运会的广播电视如何转播与接收（上）＆潘哲昕
- 国半新型音频芯片应用专集
  - 国半音频放大器新秀—ＬＭＥ４９７１３和ＬＭＥ４９６００＆吴红奎
  - 用数模转换芯片ＰＣＭ２７０２Ｅ制作高保真声卡＆姜兰举
  - 精心制作的ＬＭ４７８０功放＆夏盛
  - ＥＬ３４单端功率放大器制作＆周大明
  - ２１１单端甲２类功率放大电路赏析＆安玉景

●ＨＡＭ通信
- 打造个人电子工作室
  - 二手仪器工具配置指南＆聆听
  - 二手示波器选购指南＆聆听
  - 二手频率计选购指南（上）＆聆听
  - 二手频率计选购指南（下）＆聆听
- 专题
  - 业余无线电——让电子爱好更精彩＆张宏（ＢＧ１ＦＰＸ）译
  - 什么是业余无线电
  - 你的第一部电台
  - 电台最重要的组件——天线
  - 传播——关于电波旅行的科学
  - 让你的声音出现在短波（ＨＦ）波段
  - 莫尔斯电码与ＣＷ通信
  - 数字通信的世界
  - 弱信号和５０ＭＨｚ以上的世界
  - 浅谈天线的种类与应用＆赵青云（ＢＡ３ＤＸ）
- 专题业余无线电家
  - 协会之窗
    - 欢迎参与会刊有奖问答活动
    - 倡议书

２００８年中国无线电运动协会活动安排
信息产业部无线电管理局领导通过业余电台慰问灾区
雨雪无情，ＨＡＭ有情——广州春运琶洲展馆分场ＨＡＭ应急通信行动&陈国基（ＢＧ７KWM）
《中华人民共和国业余电台操作证书》二〇〇八年统一考核实施办法
活动聚集
规范自律、回报社会、迎接奥运——记“２００７年‘探路者杯’业余无线电应急通信演练赛”&郑予东（ＢＧ１ＨＯＢ）
器材与新技术
新机使用评测ＩＣ－９１Ａ／９１ＡＤ使用报告&杨法（ＢＤ４ＡＡＦ)
解读Ｄ－ＳＴＡＲ&黎海（ＢＤ７ＰＡ）
对讲机配件选购谈&聆听
交流提高
电台心得梦着我的梦&施瑜（ＢＧ４ＤＩＢ）
新手上路练好你的“三板斧”&陈方（ＢＡ４ＲＣ）
ＱＲＰ成功通联的１０个步骤&卜宪之（ＢＤ４ＲG）
ＡＲＲＬ手册翻译内容摘选关于无线电测向&陈平（ＢＡ１ＨＡM）
一款新型无线电多普勒测向机试用记&郑予东（ＢＧＩＨＯＢ）
享受“蛙鸣”制作及与通联的乐趣&阮东升（ＢＡ６ＱＨ）
电子管射频功放ＤＩＹ&王清华（ＢＧ２ＪＪ）
自制天线转向控制器&刘岳明（ＢＧ５ＣＣK）
漫画一举两得&马长友（ＢＧ２ＡＣＡ）
自制巴伦盒&王清华（ＢＧ２ＪＪ）
自制ＤＴＭＦ译码数字显示器&韩军伟（ＢＤ６ＰＬ）
把计算机变成你的低频信号接收机&邓小涛
专题业余无线电家
协会之窗
各地ＨＡＭ关注震情，积极为抗震工作做贡献
２００８北京奥运会特设业余电台开台
全国青少年电子制作／无线电通信竞赛辅导员培训班在连云港举办
天津、四川无线电管理部门全面负责业余电台呼号指配工作
２００８年全国操作证书等级考核及阅卷工作完成
２００８年全国青少年无线电通信锦标赛、电子制作锦标赛即将举行
杜绝假通联卡片出现，协会总部控制手段将升级
２００８年北京市业余无线电台锦标赛&李朝贵
２００８年业余电台操作证书考核结果（一级、二级）
我和Ｃ９ＡＡ的一段渊源&刘淳（ＢＡＩＢＡ）
活动聚焦
２００８“世界业余无线电日”有感&陈平（ＢＡ１ＨＡM）
又一届中国业余无线电节&朝晖
我们听到了来自太空的声音&郑侃（ＢＧ４ＡＫＴ）施？（ＢＧ４ＡＫC）
器材与新技术
器材展台&杨法（ＢＤ４ＡＡＦ）
ＶＨＦ／ＵＨＦ车载电台六大常备配件&杨法（ＢＤ４ＡＡＦ）
漫画火腿“心”事&马长有（ＢＧ２ＡＣＡ）
ＬＴ－６１００Ｐｌｕｓ使用报告&聆听
交流提高
多功能ＩＣOM　ＣＩ－Ｖ接口的制作&吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
４００MＨｚ车载八木天线&余兆兰（ＢＤ８MH）
美国套件Ｒｏｃｋ－Ｍｉｔｅ制作记&荣新华（ＢＤ６ＣR）
美国套件Ｒｏｃｋ－Ｍｉｔｅ制作记&荣新华（ＢＤ６ＣR）
演奏天籁之音的使者——一款古老的机械半自动键&阮东升（ＢＡ６ＱH）
建伍ＴＳ－４５０Ｓ短波机

- 的常见故障处理３例＆沈颂华（ＢＤ５ＥＮＡ）
- ＧＰ８８Ｓ手台写频的几点体会＆卜凡利（ＢＧ６ＩＶＦ）
- 世界时差和传播时机速查表＆孟庆彬（ＢＡ４ＪＧ）

●测试测量
- ＨＤＳ２０６２Ｍ手持式数字存储示波表＆实验室
- 时代之选——数字示波表带给我们便利＆庄军
- 似曾相识——认识数字示波表＆庄军
- 一览无余——剖析数字示波表＆庄军
- 量体裁衣——选购数字示波表＆庄军
- 上路开车——玩转数字示波表＆庄军
- 家电的待机功耗究竟有多大？＆吴汉清
- 用电子式电度表改制数字式功率表＆吴汉清

●无线应用
- 无线供电的现实离我们有多远？＆姜立中
- 无线充电实验＆姜立中
- 自制无线充电器＆魏坤　　王卫洁
- 大功率无线供电ＩＣ　ＶＯＸ３３０ＭＰｘｘ＆古人
- ＤＩＹ微型数字调谐收音机＆李增茂
- 微功率调频立体声无线转发器＆魏坤

●电脑·单片机
- 虚拟仪器面面观＆孙红生　　崔德强
- 任意遥控你的电脑＆王晓波
- 用单片机实现传统电路功能
- 用单片机做ＵＳＢ接口充电器＆吴汉清
- 用单片机制作自动门控制器＆黄培鑫　　陈歆
- 用单片机制作有遥控功能的电风扇控制板＆周长锁
- 单片机控制的全频道电视接收器＆刘作新
- 用单片机驱动１２８×６４ＬＣＤ显示汉字＆徐金增
- 打造支持上千种芯片的多功能编程器ＰＣＢ４．５Ｃ＆白钰君
- 单片机编程技巧
  - 程序开发想偷懒就偷懒＆左仪
  - 用单片机做的８通道无线遥控器＆王让
- 专题单片机编程魔法学校
  - 继往开来，后来居上＆杜洋
  - 扶摇直上，平步青云——建立编程平台＆杜洋
  - 五花八门，想变就变实际动手改写程序＆杜洋
  - 翻天覆地，呼风唤雨实际动手创建第一个程序＆杜洋
  - 全能高手，指点江山从终点回到起点＆杜洋
  - 单片机及其在音响中的应用＆杨宇全
  - 单片机在音响中应用集萃＆杨宇全
  - 虚拟仪器ＤＩＹ
    - ＵＳＢ接口虚拟逻辑分析仪＆孙红生　　崔德强
    - ＵＳＢ接口频率计＆孙红生　　崔德强
    - ＵＳＢ接口电感电容表＆孙红生
    - 用单片机做的多功能ＬＥＤ彩灯控制器＆王国俊
    - 单片机简易温度计＆赵亮
    - 功能完善的新颖智能水位控制器＆戴中清
    - 用ＬＣＤ１６０２液晶模块显示小人踢足球的画面＆李海秋
  - 淘宝攻略
    - 妙用淘宝买元件＆杨跃泉　　顾晓聪
    - 开店８分钟＆杜洋
    - 快门瞬间，美丽呈现！＆杜洋
  - 五花八门流水灯
    - 让流水灯显示汉字＆卫小鲁
    - 用５１单片机制作ＬＥＤ旋转屏＆周正华
    - 用流水灯显示莫尔斯码时长＆周正华

纯手工打造摇臂ＬＥＤ时钟＆周正华
流水灯显示汉字的改进＆卫小鲁
单片机编程工具ＤＩＹ
一起来制作ＰＩＣ单片机简易调试器——ＥＺ－ＩＣＤ２＆唐永红
用Ｍ８Ｌ制作的８９Ｓ５１单片机ＵＳＢ下载线八问八答＆王晓波
用单片机做的听力考试专用ＦＭ接收器＆杨利宏
单片机节能电源插座＆吴汉清
优秀电子课程设计项目集萃
单片机多路抢答器＆张建平
产品产量计数器＆张建平　　朱伟娜
电源电路的制作与调试＆张建平　　朱伟娜
单片机电子琴＆张建平　　朱伟娜
智能交通灯控制器＆张建平　　朱伟娜
汽车尾灯控制器＆张建平　　朱伟娜
基于Ｍｕｌｔｉｓｉｍ的四人表决电路设计＆张政
常用无线收发模块应用与选型＆张建平
数字钟的自动校时＆林芝松
用ＡＴ８９Ｃ５１做步进电机运行自动化控制器＆周琳凯
风向、风速传感器与计算机的通信方法＆张延年
利用最少的连线操作ＬＣＤ１６０２液晶屏＆张志斌
能自动校时的电波钟表＆林芝松
单片机外围电路
常用ＵＳＢ转串口芯片介绍＆刘亮
印制电路板ＣＡＤ
把你的创意放大——批量加工电路板知识杂谈＆黄培根
印制电路板常用术语中英对照＆资料室
基于ＡＴ８９Ｃ５１的摩托车防盗报警器＆李和平
●应用电路与制作
实用电路模块应用
ＴＷＨ９６８Ａ一体化振动报警模块＆陈有卿
ＳＣ系列震动传感模块的应用＆陈有卿
反射型红外线感应模块＆陈有卿
对射型红外线感应模块＆陈有卿
热释电红外探测模块＆陈有卿
如何增加红外线遥控作用距离＆苏江
花１元钱打造一个ＬＥＤ灯恒流源＆李发嘉
新品速递
四种新型运算放大器＆吴红奎
新型无线收发集成电路＆吴红奎
新型ＬＥＤ电源管理集成电路＆吴红奎
高亮度ＬＥＤ专用电源控制芯片＆吴红奎
锂离子电池充电管理集成电路＆吴玥
自制单极无线遥控开关＆梁政
隔墙遥控无障碍——红外线遥控转发器的制作＆苏江
为电动车车灯加装光控节电电路＆李亚兵
《花１元钱打造一个ＬＥＤ灯恒流源》问答篇＆李发嘉
高效大功率单电池升压器＆王红星
常用ＬＥＤ驱动电路＆杨清德
如何用相片塑封机实现ＰＣＢ电路图的热转印＆朱秋龙
节电型触摸遥控开关＆彭佩烘
变频式超声波驱鼠器＆俞虹
用ＩＣＬ７１２９制作４位半多用表＆罗文　　罗清华
自制高亮度、低功耗ＬＥＤ观片器＆孙志甫
ＡＣ－ＤＣ高亮度ＬＥＤ灯电源ＤＩＹ常用方法＆吴玥
自制高频正弦信号发生器＆孙俊
自己动手做个手机万能充电器＆冉小平

锂电池保护电路板场效应管的新颖应用＆史建平
１．５Ｖ－３０Ｖ／３Ａ可调开关电源的制作＆赵洪
如何遥控语音录放电路——语音录放电路＋无线收发模块＆苏林　　罗良庆
魏武星
如何检测电池内阻＆焦明德
自制简易实验用电源模块＆柯惠善
●家电与维修
电脑主板维修讲座
主板接口电路的维修＆赵理科
主板常见故障的维修方法＆赵理科
通过主板诊断卡快速判断主板故障＆赵理科
滤波电容变质引发电脑启动困难＆程明喈
彩电逃台故障检修＆王绍华
从三例无光栅故障中您学到了什么？＆张庆辉　　胡献满
维修论坛
旧彩电最容易产生的脱焊故障＆“家电维修”版主
扩音机屡烧保险管难症的检修＆梁明义
资料
新型伴音功放集成电路ＬＡ４２×××系列一览＆王申南
看《去除电脑风扇噪声的有效方法》一文后的实际制作和改进＆贾学忠
从彩电与彩显的异同看彩显视放电路的检修＆苏志华
快修彩电三例＆万举刚
格兰仕电磁炉不加热故障的检修＆杨舟成　　居炳国
前面板开关不良造成电脑不启动＆陈文启
手机与电脑怎样才能连接成功？＆王德沅
行管也能时好时坏＆曲静
彩电无彩色故障的检修思路＆王绍华
４８Ｖ电动车充电器原理与维修＆赵理科
有彩色画质差的检修＆张建忠
方正显示器聚焦失调的检修＆叶兆利
维修小贴士导热脂变硬怎么办？＆梁会权
数码相机闪存卡仓的常见故障排除＆龙海升
数码相机的显示存储卡为何被锁定＆潘邦文
彩电无彩色故障的检修实例＆王玉龙
富士Ｓ９５００数码相机不能插卡的修理＆张国武
笔记本电脑液晶显示屏
背光灯驱动电路的维修要点＆赵理科
计算机主板上电容失效引发的故障＆刘宏
电视机行幅偏大的检修＆张庆辉　　胡献满
不要忽视行输出管脚上的磁环＆刘爱芬
超级单芯片彩电接收不到任何信号的检修＆曲静
维修技巧一点通
巧修显像管＆张兰家　　贾凡
佳能Ｓ系列数码相机闪光灯不弹出的检修＆潘邦文
巧妙修好Ｕ盘上的硬件故障＆周顺生
新型氧吧台灯维修３例＆王德沅
用换芯的方法修复锂电池＆潘邦文
电容虚焊引发的跑台故障＆曲静
彩显无色特殊故障排除记＆刘爱芬
电容器开路引发的水平亮线故障＆韩军春
创维数码彩电枕形失真的检修＆王兴爱
问与答
●初学者园地
解读元器件封装
元器件封装的基本概念与分类＆门宏
识别半导体分立器件的封装形式（上）＆门宏

识别半导体分立器件的封装形式（下）＆门宏
认识集成电路的封装（上）＆门宏
学·做·用
电子玩具——“斗蟋蟀”＆张晓东
会说话的贺卡＆张晓东
小小多用报警卡＆张晓东
趣味太阳能风扇凉帽＆张晓东
怎样加大无线话筒发送距离＆莫恩
制作美观省电的键盘灯＆潘邦文
晶体三极管在小电容测量中的妙用＆魏秉国
江苏省第七届中小学电子技术竞赛项目两例＆张元庆
在实验板上如何用贴片元件进行制作＆任杰
数字万用表使用的几个特殊问题＆万志强
怎样制作声控开关＆莫恩
谈谈简易调频无线话筒的制作细节＆杜灿鸿
热转印法制作电路板实战演练＆丁平　　马晓明
●回首五十年
一个电子管的诞生＆冯崇勋
单管收音机－１＆冯报本
回忆红军电台＆黎东汉
●消息·书讯·市场与活动
欢迎参加第七届音响制作比赛＆编辑部
江苏省第七届青少年电子技师应用电子技术暨
欢迎参加“有声有色模拟技术应用设计大赛”＆本刊记者
“迎奥运火炬接力”主题创意机器人比赛成功举行＆本刊记者
编读往来
业界动态
“２００８年福禄克新春研讨会暨新品发布会”成功举办＆本刊记者
欢迎参加第六届中国国际汽车用品展览会＆本刊讯
市场与活动
恒定电流／恒定电压的单节锂离子电池充电器——ＨＹＭ４０５４
Ｉ０Ｗ立体声Ｄ类音频功率放大器——ＰＡＭ８６１０＆Ｊａｓｏｎ　Ｗａｎｇ
先进的无滤波Ｄ类立体声音频放大器ＰＡＭ８６１０＆王丰硕
美国福禄克公司在第７１届春季电子展现场报道
单片机学习好伴侣——Ｈ０５５１微型仿真器